



Efeito de diferentes programas de treino de força na Taxa de Produção de Força (RFD).

Dissertação apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, com vista a obtenção do 2º ciclo de estudos conducente ao grau de Mestre em Treino de Alto Rendimento Desportivo ao abrigo do Decreto-lei nº 230/2009, de 14 de setembro.

Orientador: Filipe Almeida Viana da Conceição

Filipe Adriano Bastos de Sousa

Porto, Outubro de 2016

Ficha de Catalogação

Sousa, F. (2016). *Efeito de diferentes programas de treino de força na taxa de produção de força (RFD)*. Porto: Sousa, F. Dissertação de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Treino de Alto Rendimento Desportivo, apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

PALAVRAS-CHAVE: TAXA DE PRODUÇÃO DE FORÇA, FORÇA BALÍSTICA, FORÇA MÁXIMA, ELETROMIOGRAFIA, TREINO DE FORÇA

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio de um conjunto de pessoas, muito importantes para mim, que me fizeram acreditar na concretização do mesmo. Desta forma, tenho o maior gosto em expressar os meus agradecimentos.

Primeiramente à minha esposa e à minha filha, por todo o amor e carinho. Por toda a compreensão da minha ausência em momentos em que poderíamos estar em família e também por todo apoio que, mesmo nos momentos mais difíceis, me fizeram acreditar no meu sucesso.

Ao Professor Filipe Conceição, meu orientador e amigo, que sempre mostrou a sua disponibilidade e profissionalismo. Durante todo o meu percurso, inicialmente como atleta e atualmente como estudante universitário, sempre me apoiou e acompanhou, como treinador e professor.

Ao Engenheiro Pedro Gonçalves, pelo contributo no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos Diogo Costa, Sílvia Flórido, Isaac Lopes, Teresa Ribeiro e André Carvalho, que de uma forma bem ativa me apoiaram diariamente no desenrolar do presente trabalho.

Aos meus pais, por todo o amor, carinho e apoio incondicional durante estes 35 anos, pois sempre fiz o possível para os deixar orgulhosos.

Ao Atletismo, ao Centro de Tropas de Operações Especiais do Exército, à Unidade Especial de Polícia e à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, por me terem feito crescer como atleta, como treinador, como instrutor, como professor, como Homem, como profissional e como operacional. Obrigado por todo o conhecimento e experiência que adquiri, pois completam a minha bagagem para a vida.

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos.....	III
Índice de Figuras	VII
Índice de Quadros	IX
Resumo	XI
Abstract.....	XIII
Abreviaturas.....	XV
1. Introdução.....	1
2. Revisão da Literatura.....	5
2.1. Conceito de Força.....	7
2.2. Fatores Estruturais e Neurais na Produção de Força	8
2.3. A Unidade Neural.....	9
2.4. Taxa de Produção de Força (RFD)	9
2.5. Programas de treino para melhorar a RFD	15
2.6. A eletromiografia (EMG) como ferramenta para avaliar adaptações neuromusculares.....	17
3. Objetivos.....	19
3.1. Objetivos	21
4. Material e Métodos	23
4.1. Caracterização da amostra	25
4.2. Protocolo experimental.....	26
4.2.1. Material Utilizado.....	28
4.3. Procedimentos e Recolha de Dados	28
4.4. Tratamento dos dados	31
4.5. Procedimentos Estatísticos	32
5. Resultados.....	33

5.1. Análise Intragrupo do Pré e Pós do teste Biodex, no Torque, pRFD, RFD e EMG	35
5.2. Análise do Pré e Pós do teste <i>Clean Pull</i> Isométrico (ISO), na Força, pRFD, RFD dentro de cada um dos grupos	39
5.3. Análise do Pré e Pós do teste <i>Clean Pull</i> Dinâmico (DYN), na Força, pRFD, RFD dentro de cada um dos grupos	42
5.4. Análise ANOVA, do Pré e Pós dos testes Biodex, ISO e DYN, com o objetivo de descobrir as diferenças entre grupos	44
5.4.1. Biodex	45
5.4.2. ISO	48
5.4.3. DYN.....	50
6. Discussão	53
7. Conclusões	61
8. Sugestões para futuros estudos	65
9. Bibliografia	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parâmetros relacionados com a fase inicial e a fase tardia da RFD.....	15
Figura 2. Sumário da concepção do estudo.	28
Figura 3. Resumo dos testes realizados.....	31
Figura 4. Teste Biodex avaliando e comparando o Torque entre o Pré e Pós Teste intragrupo.	36
Figura 5. Teste Biodex avaliando e comparando o Pico da RFD entre o Pré e Pós teste intragrupo.....	36
Figura 6. Teste Biodex avaliando e comparando o RFD nos intervalos de tempo da Fase Inicial entre o Pré e Pós Teste intragrupo.	37
Figura 7. Teste Biodex avaliando e comparando o RFD nos intervalos de tempo da Fase Tardia entre o Pré e Pós Teste intragrupo.	37
Figura 8. Teste Biodex avaliando e comparando a atividade Eletromiográfica no Vasto Medial entre o Pré e Pós Teste intragrupo.	38
Figura 9. Teste Biodex avaliando e comparando a atividade Eletromiográfica do Vasto Lateral entre o Pré e Pós Teste intragrupo.....	38
Figura 10. Teste Biodex avaliando e comparando a atividade Eletromiográfica do Reto Femoral entre o Pré e Pós Teste intragrupo.	39
Figura 11. Teste Clean Pull Isométrico avaliando e comparando a Força no Pré e Pós Teste intragrupo.....	40
Figura 12. Teste Clean Pull Isométrico avaliando e comparando o Pico de RFD no Pré e Pós Teste intragrupo.	40
Figura 13. Teste Clean Pull Isométrico avaliando e comparando o RFD nos intervalos de tempo da Fase Inicial no Pré e Pós Teste intragrupo.....	41
Figura 14. Teste Clean Pull Isométrico avaliando e comparando o RFD nos intervalos de tempo da Fase Tardia no Pré e Pós Teste intragrupo.....	41
Figura 15. Teste Clean Pull Dinâmico avaliando e comparando a Força no Pré e Pós Teste intragrupo.....	42
Figura 16. Teste Clean Pull Dinâmico avaliando e comparando o Pico da RFD no Pré e Pós Teste intragrupo.	43

Figura 17. Teste Clean Pull Dinâmico avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Inicial no Pré e Pós Teste intragrupo.....	43
Figura 18. Teste Clean Pull Dinâmico avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Tardia no Pré e Pós Teste intragrupo.....	44
Figura 19. Teste Biodex avaliando e comparando o Torque entre grupos.	45
Figura 20. Teste Biodex avaliando e comparando o Pico da RFD entre grupos.	45
Figura 21. Teste Biodex avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Inicial entre grupos.	46
Figura 22. Teste Biodex avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Tardia entre grupos.	46
Figura 23. Teste Biodex avaliando e comparando a atividade Eletromiográfica do Vasto Medial entre grupos.....	47
Figura 24. Teste Biodex avaliando e comparando a atividade Eletromiográfica do Vasto Lateral entre grupos.	47
Figura 25. Teste Biodex avaliando e comparando a atividade Eletromiográfica do Reto Femoral entre grupos.....	48
Figura 26. Teste Clean Pull Isométrico avaliando e comparando a Força entre grupos.	48
Figura 27. Teste Clean Pull Isométrico avaliando e comparando o Pico de RFD entre grupos.....	49
Figura 28. Teste Clean Pull Isométrico avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Inicial entre grupos.	49
Figura 29. Teste Clean Pull Isométrico avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Tardia entre grupos.	50
Figura 30. Teste Clean Pull Dinâmico avaliando e comparando a Força entre grupos.	50
Figura 31. Teste Clean Pull Dinâmico avaliando e comparando o Pico da RFD entre grupos.....	51
Figura 32. Teste Clean Pull Dinâmico avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Inicial entre grupos.	51
Figura 33. Teste Clean Pull Dinâmico avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Tardia entre grupos.	52

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Resumo dos protocolos de treino.	27
---	----

RESUMO

A taxa de produção de força (RFD) é o declive da curva força-tempo obtido sob condições isométricas (IRFD) ou em condições dinâmicas (DRFD) (Aagaard et al., 2002). Este parâmetro é usado habitualmente para medir a capacidade de gerar uma quantidade elevada de força muscular num curto período de tempo, i.e. a força explosiva. A RFD tem sido usada com o intuito de expor a capacidade de um grupo muscular em gerar força, a qual é fundamental para o rendimento desportivo (Aagaard et al., 2010) e para as atividades diárias, nomeadamente a postura corporal correta e a locomoção (Aagaard et al., 2011).

O objetivo deste estudo foi determinar os efeitos neuromusculares de diferentes estímulos proporcionados através de três tipos de programas de treino de força na RFD, em vinte e sete estudantes masculinos do curso de Ciências do Desporto, fisicamente ativos, sem experiência no treino de força, distribuídos de forma aleatória em três grupos (Grupo 1: treino balístico; Grupo 2: força máxima sem orientação; Grupo 3: força máxima com orientação de execução rápida). Recorremos ao T-Teste medidas repetidas para explorar os efeitos dos programas de treino aplicados entre o pré-teste e pós-teste para cada grupo e também a ANOVA *one way*, para procurar diferenças entre os grupos 1, 2 e 3 em todas as variáveis escolhidas. O nível de significância foi estabelecido em 0,05.

Os resultados indicam que o programa de treino de força máxima com instrução revelou ser mais eficaz do que os programas de treino de força balística e de força máxima sem instrução no que diz respeito a melhorar a RFD particularmente nos intervalos de tempo da fase tardia. Também foi possível verificar que a execução rápida dos movimentos, mesmo com cargas pesadas, é de grande importância para a melhoria da RFD. Para além destes resultados, observou-se ainda uma tendência na melhoria do recrutamento através da EMG dos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial.

PALAVRAS-CHAVE: TAXA DE PRODUÇÃO DE FORÇA, FORÇA BALÍSTICA, FORÇA MÁXIMA, ELETROMIOGRAFIA, TREINO DE FORÇA

ABSTRACT

The rate of force development (RFD) is the slope of the force-time curve obtained under isometric conditions (IRFD) or dynamic conditions (DRFD) (Aagaard et al., 2002). This parameter is usually used to measure the ability to generate a large amount muscle strength in a short period of time, i.e., the explosive force. The RFD has been used in order to expose the ability of a muscle group to generate power, which is critical to athletic performance (Aagaard et al., 2010) and for daily activities, including the correct body posture and locomotion (Aagaard et al., 2011).

The aim of this study was to determine the neuromuscular effects in the RFD of different stimuli provided by three types of training programs. Twenty seven male undergraduate, students of Sport Sciences, physically active, untrained in experience force, were distributed randomly into three groups (Group 1: ballistic force training, Group 2: maximum force without orientation; Group 3: maximum force with quick orientation). We used the repeated t-test measures to explore the effects of training programs applied between pre-test and post-test for each group and also the one-way ANOVA, to find differences between groups 1, 2 and 3 all variables chosen. The level significance was established in 0,05.

The results indicate that the maximum strength training program with instruction has proved to be more effective than the programs of ballistic force training and maximal strength without instruction regard to the RFD improvement particularly in the late phase time intervals. It was also observed that the rapid execution of movements, even with heavy loads, is of great importance for improving the RFD. In addition to these results, there was still a trend to improve recruitment by EMG of the rectus femoris, vastus lateralis and vastus muscles.

KEYWORDS: RATE OF FORCE DEVELOPMENT, BALLISTIC FORCE, MAXIMUM STRENGTH, ELECTROMYOGRAPHY, RESISTANCE TRAINING

ABREVIATURAS

CIVM	contração isométrica voluntária máxima
CMJ	salto em contramovimento
CSA	área de secção transversa
DRFD	taxa de produção de força sob condições dinâmicas
DYN	clean pull dinâmico
EMG	eletromiografia de superfície
F	força
IRFD	taxa de produção de força sob condições isométricas
ISO	clean pull isométrico
MVC	contração isométrica máxima voluntária
MVF	força máxima voluntária
pRFD	pico da taxa de produção de força
RF	reto femoral
RFD	taxa de produção de força
T	torque
UM	unidades motoras
VL	vastus lateral
VM	vastus medial

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, com o abrangente conhecimento sobre o planeamento de treino desportivo, torna-se necessário compreender o treino da força e como o otimizar tendo em conta a especificidade dos movimentos envolvidos em cada modalidade. A taxa de produção de força (RFD) torna-se assim, um importante meio de informação a todos os níveis para treinadores, atletas e praticantes em geral, de forma a melhorarem cada vez mais a qualidade da prescrição do treino.

Face a este fato, a força surge como uma capacidade motora primordial para a performance atlética, pois no desporto, esta capacidade torna-se imprescindível na busca constante de vencer as mais variadas resistências, sejam elas o próprio peso corporal ou cargas externas, para uma aplicação de força eficaz e eficiente para melhorar a performance na modalidade.

A RFD tem sido usada com o intuito de perceber a capacidade de um dado grupo muscular para gerar força explosiva, a qual é fundamental para o rendimento desportivo (Aagaard et al., 2010) e para as atividades diárias (postura correta e locomoção) (Aagaard et al., 2011).

De salientar que a força é uma capacidade importante na manutenção da saúde das pessoas, permite uma boa qualidade de vida na rotina diária, através da obtenção de boas posturas corporais, assim como fazer frente a uma possível queda, evitando-a, particularmente na população mais idosa.

Na maior parte dos movimentos desportivos (lançamentos, remates, saltos) e nas situações da vida diária, tem durações de aplicação que variam entre 50ms a 150 ms, pelo que, o espaço temporal não permite que a força máxima seja atingida (Aagaard et al., 2002).

Andersen e Aagaard (2006) encontraram uma forte correlação entre a força máxima e a RFD, quando a RFD é medida nos intervalos de tempo da fase tardia da contração muscular.

A força explosiva está intrinsecamente relacionada com a RFD no início da contração muscular, pois os seus valores são atingidos entre 80-120 ms (Aagaard et al., 2002). Isso pode ser explicado pelos diferentes fatores que influenciam a RFD nas fases inicial e tardia da contração muscular.

A unidade neural (Gruber & Gollhofer, 2004) e as propriedades contráteis intrínsecas da fibra muscular (tipo de fibra muscular) (Andersen et al., 2010) parecem influenciar a RFD na fase inicial da contração. Já a fase

tardia da RFD está mais relacionada com os fatores que determinam aumento da força, como a unidade neural (Andersen & Aagaard, 2006), a área de secção transversa (CSA) e a rigidez músculo-tendinosa (Bojsen-Møller et al., 2005).

Assim, o objetivo principal deste estudo passa por determinar os efeitos neuromusculares de diferentes estímulos proporcionados através de três tipos de programas de treino na Taxa de Produção de Força (RFD):

- 1) Treino balístico com cargas leves, predominantemente com o peso corporal, com a intenção máxima e supramáxima de velocidade de execução;
- 2) Força máxima com orientação lenta (cargas pesadas, sem qualquer tipo de instrução específica sobre a intenção de velocidade)
- 3) Força máxima com orientação rápida (cargas pesadas, com instrução explícita de movimento rápido).

Este trabalho, tendo por base o problema acima descrito, encontra-se estruturado em sete capítulos, que a seguir se passar a descrever:

Capítulo I - Introdução: que consiste na apresentação e no enquadramento do problema, apresentando as várias fases do estudo;

Capítulo II - Revisão da Literatura: refere o estado da arte da temática abordada neste estudo;

Capítulo III - Objetivos: apresenta os objetivos deste estudo;

Capítulo IV - Material e métodos: expõe a metodologia utilizada, os processos e procedimentos realizados ao longo do estudo;

Capítulo V - Resultados: apresenta os resultados obtidos no estudo;

Capítulo VI - Discussão: exhibe a interpretação dos resultados do estudo e compara-os com os resultados encontrados na literatura;

Capítulo VII - Conclusão: apresenta as principais conclusões do estudo;

Capítulo VIII - Sugestões para estudos futuros: apresenta as propostas consideradas relevantes para futuros estudos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Conceito de Força

A força é reconhecida como uma capacidade motora primordial para a performance atlética, para uma boa qualidade de vida na rotina diária e consequentemente na manutenção da saúde do indivíduo.

No desporto, este conceito torna-se evidente na busca constante de vencer as mais variadas resistências, sejam elas o próprio peso corporal ou cargas externas, para uma aplicação de força eficaz e eficiente no sentido de melhorar a performance na modalidade.

Do ponto de vista da Física, a força é considerada como uma grandeza resultante da interação entre dois fatores: a massa de determinado objeto e a aceleração a que esse objeto é sujeito. Como referem Zatsiorsky e Kraemer (2006) a força manifesta-se com a deslocação e/ou deformação de um ou de ambos os corpos envolvidos. Do ponto de vista da fisiologia, a força muscular é definida como a capacidade de produzir a tensão muscular que tem que ser ativada (Badillo & Ribas, 2002).

No contexto das Ciências do Desporto, interpretar a força de acordo com a 2ª Lei de Newton ($F = m \cdot a$), não abrange toda a sua complexidade. Uma boa definição que aborda a força muscular foi feita por Platonov (2004), onde segundo o autor, a força é a capacidade de superar ou opor-se a uma resistência por meio da atividade muscular.

Harman (1993) apresenta uma definição que nos parece mais específica onde a força é definida como a habilidade para gerar tensão sob condições determinadas pela posição do corpo, pelo movimento no qual se aplica a força, pelo tipo de ativação (concêntrica, excêntrica, isométrica, pliométrica) e pela velocidade do movimento.

A definição que está mais relacionada com o objetivo deste estudo será a de Harman (1993), pois estará relacionada com a capacidade de produzir tensão muscular no menor espaço de tempo possível.

Zatsiorsky e Kraemer (2006), referem que, o fundamental para os treinadores, não é a força num determinado momento, mas sim durante todo o continuum de força (ao longo de todo o movimento desportivo) sendo aqui que se foca este estudo.

A força está dividida em dois componentes (Tillin et al., 2012):

- Força Máxima, produzida pela contração máxima voluntária do músculo (MVF);
- Força Explosiva, a capacidade muscular em aumentar a produção de força rapidamente de um estado de baixa força ou estado de repouso.

2.2. Fatores Estruturais e Neurais na Produção de Força

No que respeita à produção da força, os fatores estruturais e neurais são determinantes (Cormie et al., 2011). Estes têm, no entanto, papéis e funções diferentes neste trabalho.

Os fatores estruturais influenciam a produção da força através do tipo da fibra muscular, das características arquitetónicas do músculo, da área de secção transversa (anatômica e fisiológica), do ângulo de penação e comprimento das fibras e das propriedades tendinosas (Kurokawa et al., 2003; Spector et al., 1980; Widrick et al., 2002).

Os fatores neurais estão relacionados com a produção da força muscular através do recrutamento das unidades motoras, da frequência de estímulo das mesmas, da sincronização intramuscular, da coordenação intermuscular, do acionamento dos músculos sinergistas e da co-contração dos músculos antagonistas (Cormie et al., 2011).

Para além destes, o tipo de ação muscular e a capacidade de utilização da energia elástica também influenciam a produção da força (Komi, 1986).

Segundo Aagaard et al. (2002), o desempenho funcional é influenciado em grande medida pelos seguintes efeitos do treino de força:

- Estrutura e tamanho muscular:
 - Anatomia e volume da área da secção transversa (CSA);
 - CSA da fibra muscular;
 - Composição e tipo de fibra;
 - Arquitetura muscular.
- Função do tendão:
 - CSA, rigidez, lesão.
- A função neuromuscular:
 - Força explosiva;

- Córtex motor, cerebelo;
- Circuitos da medula espinhal.

2.3. A Unidade Neural

A atividade da função neural depende primordialmente de duas variáveis: recrutamento de unidades motoras e frequência de disparo da unidade motora.

O recrutamento de unidades motoras refere-se ao número de unidades motoras que são recrutadas, a fim de realizar a tarefa. Tarefas com baixos requisitos de força recrutam um pequeno número de unidades motoras, enquanto tarefas que requerem um elevado grau de força podem exigir o recrutamento de quase todas as unidades motoras.

Diferentes músculos podem ter diferentes limiares de recrutamento para as suas unidades motoras, o que significa que alguns músculos são totalmente recrutados em níveis relativamente baixos de força, enquanto outros músculos são totalmente recrutados apenas quando os níveis de força atingem mais de 80% da força de uma contração isométrica voluntária máxima (CIVM).

Por outro lado, a frequência de disparo da unidade motora refere-se ao número de impulsos que são enviados num determinado período de tempo para as unidades motoras recrutadas. Deste modo, quando são enviados um elevado número de impulsos num curto período de tempo, as fibras musculares enervadas pelas unidades motoras não têm oportunidade de relaxar entre as contrações e o músculo alcança um estado de tetania, em que é possível gerar a força máxima.

2.4. Taxa de Produção de Força (RFD)

Um dos mais importantes estudos sobre a RFD foi escrito por Aagaard et al. (2002) que definiu a RDF como o declive da curva força-tempo obtidos sob condições isométricas (IRFD) ou em condições dinâmicas (DRFD). Este

parâmetro é usado habitualmente para medir a capacidade de gerar força muscular rápida, como por exemplo a força explosiva.

A RFD desempenha um papel nas atividades diárias, melhorando a qualidade de vida das populações, nomeadamente os idosos, reduzindo o risco de quedas, através da rápida ativação muscular (Gruber et al., 2007).

Os diversos movimentos exigidos, nomeadamente a prevenção de uma queda, dispõem de um tempo limitado para desenvolver a força necessária para os concretizar (0-200 ms). Por esta razão, a capacidade de desenvolver um rápido aumento na força muscular pode-se tornar mais importante do que a força máxima em diferentes situações. No entanto, apesar da importância da RFD em várias populações, esta revisão é focada em jovens saudáveis ou atletas.

Neste contexto, a RFD está essencialmente relacionada com a ativação neural (Cutsem et al., 1998), particularmente, nos fatores neurais, a frequência de disparo parece ser o parâmetro mais importante relacionado com a RFD. Os mesmos autores ainda referem que a frequência de disparo da unidade motora (taxa de descarga) pode ser de até 200 Hz durante o início de um esforço máximo voluntário, com taxas muito mais baixas no momento do pico de força.

Duchateau e Braudy (2014) demonstraram que o aumento da RFD durante as contrações balísticas refere-se principalmente a adaptações da taxa de descarga da unidade motora. Um aumento na taxa de descarga de 100-200 Hz aumenta substancialmente a RFD para todas as unidades (Duchateau & Baudry, 2014). Estes dados sublinham o papel crítico da taxa de descarga máxima da unidade motora sobre a capacidade de desenvolver força rapidamente.

É possível que o disparo de descarga no início da contração e durante a fase da força crescente leve ao aumento da geração inicial de força na contração muscular, aumentando assim a RFD (Aagaard & Thorstensson, 2003).

Além disso, o tamanho do músculo e o tipo de fibras musculares também desempenham um papel na RFD (Aagaard et al., 2002). A frequência de disparo está relacionada com a composição do tipo de fibras musculares. Os mesmos autores indicam que as unidades motoras com velocidade de condução elevada e tempo de contração curto (tipo II, cadeia pesada de

miosina) são responsáveis pelos maiores valores de RFD. Assim, as conexões entre o tipo de fibra e a RFD foram encontrados em vários estudos desenvolvidos ao longo dos anos por diferentes autores (Aagaard & Andersen, 1998; Andersen et al., 2010).

A força explosiva está intrinsecamente relacionada com a taxa de produção de força (RFD) no início da contração muscular. A RFD tem sido usada com o intuito de descobrir a capacidade de um grupo muscular em gerar força explosiva, a qual é fundamental para o rendimento desportivo (Aagaard et al., 2010) e para as atividades diárias, nomeadamente a postura corporal correta e a locomoção (Aagaard et al., 2011). Os seus valores máximos (RFD max) são atingidos entre 80-120 ms (Aagaard et al., 2002).

O tempo disponível para aplicar o máximo de força possível nas diversas modalidades desportivas é muito reduzido. Em termos de comparação, no salto em comprimento o tempo é de 110 - 160 ms, no salto em altura é de 180 - 220 ms e nas corridas de velocidade é de 80 - 120 ms (Dapena & Chung, 1988; Kuitunen et al., 2002; Luhtanen P, 1979; Zatsiorsky & Kraemer, 2006).

Durante a contração muscular, a RFD pode ser definida como a inclinação da curva torque - tempo ($\Delta \text{Torque} / \Delta \text{Time}$) obtido durante condições isométricas.

Andersen e Aagaard (2006) referem que a RFD, desde o início da contração muscular, é afetada por diferentes parâmetros fisiológicos em intervalos de tempo diferentes. Assim, quando a RFD é registada num intervalo de tempo na fase inicial, apresenta influência nas propriedades contráteis intrínsecas do músculo e quando a RFD é registada numa fase tardia está intimamente relacionada com fatores que determinam a força máxima.

Podemos assim concluir que as fases inicial e final da RFD, quando sujeitas a diferentes estímulos de diferentes programas de treino, irão apresentar alterações. Isto fornece um tipo de informação muito importante para os treinadores no planeamento do treino da força dependendo da especificidade da modalidade desportiva.

Na generalidade dos movimentos desportivos (lançamentos, corridas, saltos) e das situações da vida diária, os movimentos têm durações entre 50-150 ms. Desta forma o tempo disponível não permite que a força máxima seja atingida (Aagaard et al., 2002).

Oliveira et al. (2013a) verificaram que durante as contrações isométricas, a RFD obtida na fase inicial (< 100 ms) não foi influenciada pelo ciclo estiramento encurtamento, enquanto a RFD durante a fase tardia e o pico de torque foram significativamente diminuídos.

O treino de força explosiva induz alterações na RFD. Com cargas pesadas, aumenta a atividade neuromuscular e consequentemente leva ao aumento da RFDmax e taxa de EMG (eletromiografia) (Aagaard et al., 2002; Balso & Cafarelli, 2007; Barry et al., 2005; Cutsem et al., 1998; Häkkinen et al., 1985; Häkkinen & Komi, 1986; Häkkinen et al., 1998; Schmidbleicher & Buehrle, 1987; Suetta et al., 2004). Este aumento leva a consequências funcionais, tais como, uma aceleração aprimorada, movimentos mais rápidos, força e energia muscular elevada durante movimentos rápidos e redução do risco de quedas.

Wilhelm et al. (2013) verificaram que a RFD isométrica medida em diferentes intervalos de tempo não estava significativamente correlacionada com a altura de salto em contramovimento (CMJ). Assim, para um melhor entendimento do planeamento de treino, é importante investigar os efeitos causados na RFD com diferentes estímulos proporcionados por diferentes programas de treino de força.

O *Clean* e o *Power Clean* normalmente estão associados a programas de treino da força, onde se utilizam diferentes posições de partida (a partir do chão, posição de *hang* e *midthigh*). O *Power Clean* está intimamente associado aos movimentos específicos de diversas modalidades desportivas, devido à rápida extensão do tornozelo, joelho e quadril, usando simultaneamente a força explosiva (Stone, 1993).

Kawamori et al. (2006) determinaram que no *Power Clean* o pico da taxa de produção de força surge aos $99,8$ ms, $\pm 14,0$ ms alcançada a 30% de 1RM; no *Midthigh Clean Pull* (meio da coxa) com cargas de 30, 60, 90 e 120% de 1RM do *Power Clean*, o pico RFD foi menor tanto no salto com contramovimento (CMJ) ($263,3 \pm 63,5$ ms) como no salto vertical (SJ) ($194,7 \pm 27,0$ ms). Este autor concluiu que o *Midthigh Clean Pull* pode ser preferencialmente inserido em programas de treino de modalidades que a impulsão vertical esteja envolvida, evidenciando o objetivo de melhorar a RFD nos atletas.

Segundo Comfort (2011) os melhores exercícios para melhorar a RFD são o *Midthigh Power Clean* e o *Midthigh Clean Pull*, com o benefício prático de que ambos são mais acessíveis para atletas menos experientes. São os ideais para treinar inicialmente, para que os atletas possam aprender a técnica do movimento.

As funções musculares podem ser avaliadas através de testes dinâmicos ou isométricos na curva Força – Tempo. Consegue-se quantificar a capacidade máxima de gerar força, assim como, a taxa na qual a força pode ser aplicada durante a contração máxima. Geralmente estes dois testes são determinados pela avaliação do pico de força (PF) e pela taxa de produção de força (RFD) (Haff et al., 2005; Haff et al., 1997; Kawamori et al., 2006; Nuzzo et al., 2008).

Segundo Juneja et al. (2010), o *Midthigh Clean Pull* isométrico parece ser a avaliação mais utilizada quando o objetivo é avaliar as curvas força-tempo de atletas.

Este teste avaliativo é utilizado em diversas modalidades desportivas, tais como Halterofilismo (Beckham et al., 2013; Haff et al., 2005), ciclismo de velocidade (Stone et al., 2004), corridas de velocidade (Stone et al., 2004), lançamentos (Stone et al., 2003), golfe (Leary et al., 2012) e saltos (Haff et al., 2005; Haff et al., 1997; Kawamori et al., 2006; Nuzzo et al., 2008).

O treino de força tem um papel fundamental no desporto, aumentando as contribuições neurais na produção de torque articular. Melhora também as adaptações morfológicas nas fibras musculares, como o aumento de proteínas contrácteis devido à hipertrofia dos miofilamentos, observados após períodos prolongados de treino (Aagaard et al., 2001).

Programas de treino envolvendo contrações dinâmicas estão comprovados que aumentam a produção de torque articular, acompanhado por respostas de hipertrofia das miofibrilhas baseados nas contrações concêntrica e excêntrica nos regimes de treino da força (Farthing & Chilibeck, 2003; Higbie et al., 1996).

O aumento da força máxima é mais evidente quando avaliada na contração específica da modalidade utilizada durante o treino (Higbie et al., 1996; Roig et al., 2009), embora os ganhos também possam ser observados

em outros modos de contração (treino concêntrico induz ganhos de força máxima excêntrica) (Aagaard et al., 1996).

Andersen e Aagaard (2006) têm mostrado que a RFD é influenciada por duas fases: fase curta (<100ms) e fase longa (> 100 ms). Consequentemente, vários estudos têm relatado que o treino de força pode induzir diferentes respostas de adaptação entre as fases iniciais e as fases tardias da crescente produção de força (Aagaard et al., 2002; Andersen et al., 2010; Blazevich et al., 2008; Oliveira et al., 2013a).

Recentemente, Oliveira et al. (2013b) descobriram que um curto período (seis semanas) de um programa de treino de força realizado com contrações musculares isocinéticas concêntricas a alta velocidade é capaz de aumentar a RFD obtida na fase inicial. Blazevich et al. (2008) apresentaram dados semelhantes, após cinco semanas de treino de força a baixa velocidade envolvendo contrações monoarticulares concêntrica ou excêntrica. Assim, os efeitos do treino no início e no final da RFD parecem ser independentes do modo de contração (isto é, concêntrico vs excêntrico). No entanto, a rápida velocidade de execução faz disparar a frequência, sincronização e o recrutamento de muitas unidades motoras, desempenhando um importante papel na RFD (Häkkinen et al., 1985). Assim, é relevante investigar os efeitos da velocidade de execução dos exercícios dos programas de treino da força.

A RFD foi teoricamente ligada ao desempenho das contrações explosivas limitadas no tempo ou movimentos. Desta forma, vários autores explicaram as principais razões para este relacionamento. Por exemplo, Aagaard et al. (2002) apresentaram a RFD como um parâmetro importante com significado funcional em contrações musculares rápidas e enérgicas. Como vários movimentos explosivos, tais como corridas de velocidade, karatê ou boxe, normalmente envolvem tempos de contração de 50-250ms, qualquer aumento na RFD torna-se importante, uma vez que permite atingir um nível mais elevado de força na fase inicial da contração muscular. Devido a este raciocínio, os mesmos autores referem ainda a RFD como um dos principais determinantes da força máxima e velocidade que pode ser atingida durante os movimentos rápidos. Consequentemente, é de grande importância para os atletas envolvidos em desportos que envolvem ações musculares do tipo explosivo.

Num artigo mais recente, Tillin et al. (2010) estiveram de acordo com os argumentos anteriores, postulando que as contrações musculares explosivas são fundamentais para atividades desportivas como corrida, saltos e boxe, incluindo que são importantes para a prevenção de lesões. Porquanto, durante os movimentos explosivos, o tempo disponível para os músculos desenvolverem força é limitado, sendo que a RFD é um descritor importante do desempenho em contrações explosivas. Esses tipos de argumentos são várias vezes usados em artigos onde a RFD é relacionada com a produção de força na fase inicial após a contração.

Segundo Samozino et al. (2008), a RFD subdivide-se em duas fases, inicial e tardia. A fase inicial é influenciada pela Unidade Neural (recrutamento da unidade motora, frequência de disparo e eletromiografia do musculo agonista), pela composição da cadeia pesada de miosina e pela fibra muscular (tipo e tamanho da fibra). A fase tardia é influenciada pela CSA e a rigidez.

No gráfico abaixo, apresenta-se um resumo dos parâmetros que demonstraram afetar a RFD.

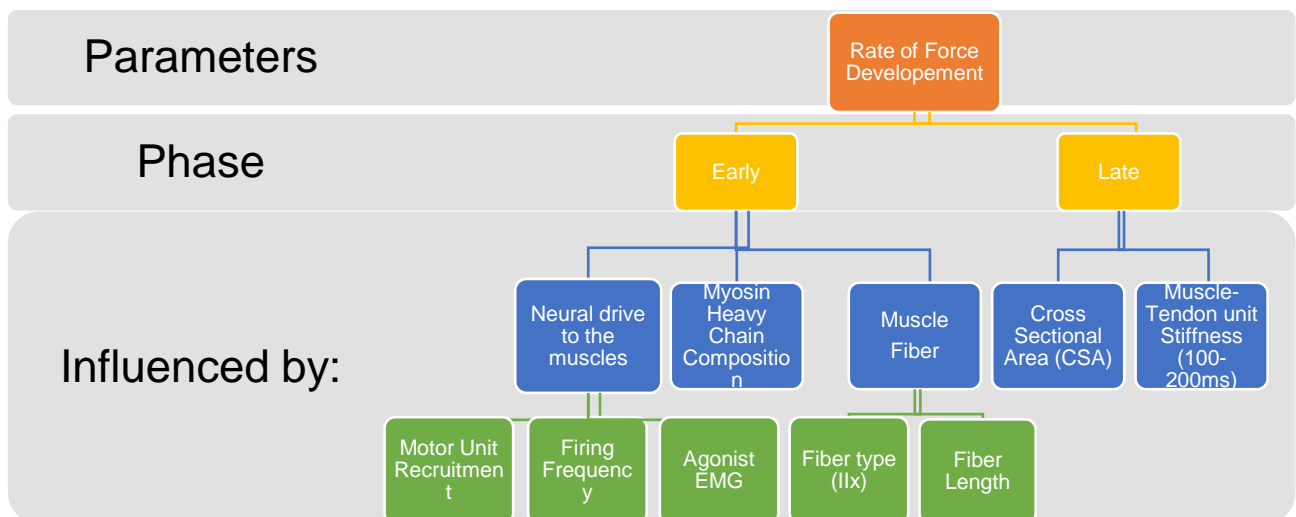


Figura 1. Parâmetros relacionados com a fase inicial e a fase tardia da RFD.

2.5. Programas de treino para melhorar a RFD

Tem crescido o interesse sobre a capacidade do músculo para produzir valores de potência máxima e força explosiva, os quais têm uma enorme

importância em muitos desportos que envolvem contrações musculares balísticas (Gruber et al., 2007). Dada a importância da RFD relativamente à capacidade do movimento, há uma necessidade óbvia para desenvolver intervenções de treino para melhorar estes parâmetros da performance (Blazevich et al., 2008).

O uso de cargas pesadas no treino de força tem vindo a mostrar-se eficaz para melhorar a RFD. Hartmann et al. (2009) expuseram que os aumentos na RFD dependem especialmente do esforço máximo da contração muscular em velocidade máxima, independentemente da velocidade do movimento real. Isso explica o efeito positivo do treino de ações de força explosiva máximas com cargas superiores a 90% de 1RM, sobre a capacidade de potência no mesmo movimento.

Por outro lado, outros autores propuseram um programa de treino balístico, como a melhor maneira de melhorar a RFD. Assim, Ricard et al. (2005) expõem essa dinâmica de treino para promover taxas de descarga inicial mais elevadas pelas unidades motoras, e aumentar a sincronização da unidade motora durante o treino balístico, que melhora a RFD. Além disso, Gruber et al. (2007), apresentam o treino de força com cargas moderadas, aceleradas com o máximo esforço intencional através da instrução do treinador, para melhorar a RFD significativamente, em comparação com treino de cargas elevadas, que melhoram a contração voluntária máxima (MVC) consideravelmente, mas com apenas pequenas alterações na RFD (Duchateau & Hainaut, 1984; Häkkinen & Komi, 1986). No entanto, a influência de diferentes modalidades de treino de força na produção de força explosiva e seus vários determinantes ainda não estão claros (Tillin et al., 2012).

Talvez um dos maiores problemas seja a falta de padronização no treino de força utilizados na literatura para investigar a sua influência nas melhorias da RFD. Através da análise dos métodos utilizados pelos diferentes investigadores, foram observadas diferenças na duração do programa de treino (4 a 15 semanas), nos tipos de contração (isométrica, concêntrica ou excêntrica), na intensidade do treino (cargas máximas, pesadas ou leves), nos exercícios utilizados ou no volume de treino (número de dias, exercícios, conjuntos, repetições). Além destes fatores, são inúmeras as variáveis apresentadas para medir a RFD, sendo as mais usuais durante as contrações

isométrica ou dinâmicas: pico de RFD, tempo para o pico RFD, RFD em intervalos de tempo diferentes.

Geertsen et al. (2008) e Tillin et al. (2012) constataram que o treino isométrico explosivo pode melhorar a RFD tanto na fase inicial como na fase tardia. Além disso, Tillin et al. (2012) descobriram que a RFD, em relação à MVC, foi aumentada apenas na fase inicial (50ms), sugerindo adaptações neurais para a produção de força explosiva. Em contraste, um estudo anterior, focado na força máxima, não mostrou alterações na RFD em qualquer momento na fase inicial (0-150 ms), enquanto foi reduzida na fase tardia (Tillin et al., 2011).

Assim sendo, os programas de treino de força incidentes na força máxima e força explosiva têm influências diferentes sobre as diferentes fases da RFD. De referir, que os efeitos de um programa de treino de força isométrica de curto prazo, projetado para aumentar tanto a força explosiva como a força máxima, sobre a RFD na fase inicial e fase tardia não tem sido explorado. A compreensão desse problema pode fornecer informações sobre os mecanismos que determinam a força e as propriedades da RFD, o que pode melhorar o planeamento de treino da força de desportos específicos.

2.6. A eletromiografia (EMG) como ferramenta para avaliar adaptações neuromusculares

As adaptações do sistema neuromuscular em resposta às condições ambientais ou ao treino desportivo podem ser investigadas por aplicação de técnicas de eletromiografia (EMG). A vantagem destas técnicas é poderem fornecer informações relevantes em ambas as propriedades centrais e periféricas do sistema neuromuscular. O sinal eletromiográfico pode ser medido através de um campo elétrico criado pela mobilização das fibras musculares (Basmajian & Luca, 1985). Este sinal de EMG oferece a possibilidade de investigar o *output* neural a partir da medula espinhal, bem como as propriedades elétricas das fibras musculares (Basmajian & Luca, 1985; Merletti et al., 2001).

A EMG é a ferramenta mais utilizada para avaliar a componente neural (Suzuki et al., 2002). No entanto, este autor ainda indica que o sinal de EMG fornece uma indicação da magnitude da unidade neural para o músculo, que pode ser influenciada por dois conjuntos de fatores intrínsecos: central e periférico.

Os fatores centrais incluem o número de unidades motoras recrutadas e a frequência de disparo da unidade motora, enquanto os fatores periféricos incluem a composição do tipo da fibra muscular, o fluxo sanguíneo, o diâmetro da fibra, a localização do eletrodo sobre a fibra muscular, e a quantidade de tecido subcutâneo (Luca, 1997; Ruez et al., 2006).

A avaliação pormenorizada da força através do uso da tecnologia atual fornece informação aos treinadores acerca dos perfis dos seus atletas, de modo a melhorarem cada vez mais o planeamento e periodização do treino, tendo em conta os movimentos específicos da modalidade desportiva em causa.

O objetivo geral deste estudo é fornecer informação e recomendações práticas sobre o programa de treino mais adequado para melhorar a RFD.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivos

O objetivo principal deste estudo é determinar os efeitos neuromusculares de diferentes estímulos proporcionados através de três tipos de programas de treino na Taxa de Produção de Força (RFD).

Pretende-se explicar as mudanças relacionadas com o desempenho da Força, induzido pelos programas de treino de força específica diferente com base em:

- 1) Treino balístico com cargas leves, predominantemente com o peso corporal com a intenção máxima e supramáxima de velocidade de execução;
- 2) Força máxima com orientação lenta (cargas pesadas, sem qualquer tipo de instrução específica sobre a intenção de velocidade)
- 3) Força máxima com orientação rápida (cargas pesadas, com instrução explícita de movimento rápido).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da amostra

O presente estudo foi realizado em trinta e seis homens, em que apenas vinte e sete concluíram com êxito todo o protocolo (média \pm SD: idade de 19,7 \pm 2,8 anos, altura 1,76 \pm 0,06 m e massa corporal: 71,83 \pm 8,0 kg).

Os participantes eram estudantes do curso de Ciências do Desporto, fisicamente ativos, sem experiência em treino de força, distribuídos de forma aleatória em três grupos.

Nenhum dos sujeitos apresentou problemas físicos ou de saúde. Não sofreram qualquer lesão muscular que apresentasse um risco para a realização do esforço físico exigido neste estudo ou que pudesse afetar o desenvolvimento do mesmo. O estudo foi realizado em conformidade com os Princípios Éticos da Declaração de Helsínquia e para a Investigação Humana promulgada pela Associação Médica Mundial (WMA). Depois de serem informados sobre a finalidade do estudo e procedimentos experimentais, e antes de iniciar a pesquisa, todos os indivíduos deram o seu consentimento ao assinar um termo de consentimento informado.

Foram tidas em conta algumas considerações na seleção dos participantes para o mesmo. As exigências a serem cumpridas para a inclusão neste estudo foram:

- a) Os atletas serem adultos e do sexo masculino;
- b) Terem idade igual ou superior a 18 anos;
- c) Sem experiência prévia em treino de força.

Foram também impostos dois requisitos que não permitiram a participação neste estudo a:

- a) Indivíduos que tivessem sofrido uma lesão músculo-esquelética durante nos últimos seis meses;
- b) Indivíduos que não cumprissem o compromisso de realizar o programa de treino de força exclusivamente connosco durante o tempo do protocolo.

Todos os participantes foram informados detalhadamente sobre o conteúdo do estudo, seus objetivos, seus potenciais riscos e benefícios antecipadamente.

A metodologia e os protocolos do projeto foram realizados de acordo com a Declaração de Helsínquia.

4.2. Protocolo experimental

Este estudo é constituído por três fases distintas. A primeira fase foi destinada ao treino e recolha de dados no Laboratório de Biomecânica do Porto (LABIOMEPE). Na segunda fase, foram desenvolvidas rotinas em ambiente MATLAB para o tratamento dos dados, e por fim, a última fase, foi dedicada à análise estatística através da utilização do *software* SPSS.

O programa de treino e recolha de dados foram realizados em 8 semanas, que foram distribuídas da seguinte forma:

- Primeira semana: familiarização e avaliações anteriores (pré-teste) do ensaio descrito.
- Da Segunda à sétima semana: foram realizadas 3 sessões de treino semanais separadas por, pelo menos 24 horas. Durante este período, os sujeitos concordaram em não divulgar o tipo de treino que estavam a realizar ou o tipo de instruções dadas, quer entre os grupos, quer exteriormente ao estudo. Foi-lhes aconselhado realizar um bom descanso, assim como explicada a importância do mesmo para atingir as adaptações desejadas.
- Oitava Semana: medições finais dos parâmetros previamente avaliados (pós-teste).

Quadro 1. Resumo dos protocolos de treino.

TRAINING GROUP	EXERCISE EXAMPLES	SPECIFICATIONS	INDICATION	TRAINING LOAD	EXERCISE TYPE
MAXIMAL STRENGTH	SQUAT	80-90% 1 RM	"SLOW" MOVEMENT NO INSTRUCTION	24 reps	Closed Kinetic Chain (CKC) Exercises
	HORIZONTAL LEG PRESS				
	INCLINE LEG PRESS				
	DEADLIFT	> 80% 1 RM			Power Exercises
	CLEAN PULLS				
	SJ				
CMJ	> 70-80% BODY WEIGHT	Jump Exercises			
MAXIMAL STRENGTH	SQUAT	80-90% 1 RM	FAST MOVEMENT EXPLICIT INSTRUCTION	24 reps	Closed Kinetic Chain (CKC) Exercises
	HORIZONTAL LEG PRESS				
	INCLINE LEG PRESS				
	DEADLIFT	> 80% 1 RM			Power Exercises
	CLEAN PULLS				
	SJ				
CMJ	> 70-80% BODY WEIGHT	Jump Exercises			
BALLISTIC TRAINING	SJ	BW	BALLISTIC & MAXIMAL VELOCITY INSTRUCTION	24 reps	Ballistic Jump Exercises
	SJ WITH ELASTIC BANDS	BW			
	"ROLLER SKATE" FV DEVICE				Roller Exercises

O programa de treino (entre a primeira e a sétima semana), desenrolou-se da seguinte forma:

Os sujeitos foram distribuídos aleatoriamente em três grupos, sendo submetidos a diferentes programas de treino (Quadro 1):

1) Grupo de força balística. Este grupo realizou um treino de força usando apenas o seu peso corporal ou exercícios assistidos em alternativa (exercícios envolvendo um peso menor do que o peso corporal). A instrução fornecida era para executar tão explosiva quanto possível (velocidade máxima), a fim de produzir a máxima força.

2) Força Máxima "Grupo sem instrução". Este grupo foi treinado com um protocolo de força tradicional. Os exercícios essenciais (agachamento, levantamento terra, *leg press*...) foram escolhidos neste tipo de treino de força. Não foram dadas instruções relativas à velocidade da execução do exercício.

3) Força Máxima " Grupo com Instrução ". Este grupo foi submetido a um protocolo de força tradicional. Os mesmos exercícios essenciais foram escolhidos neste tipo de treino, diferindo apenas nas instruções (estímulo verbal) relativas à velocidade de execução dos exercícios. Os atletas tiveram que realizar os exercícios a máxima velocidade.

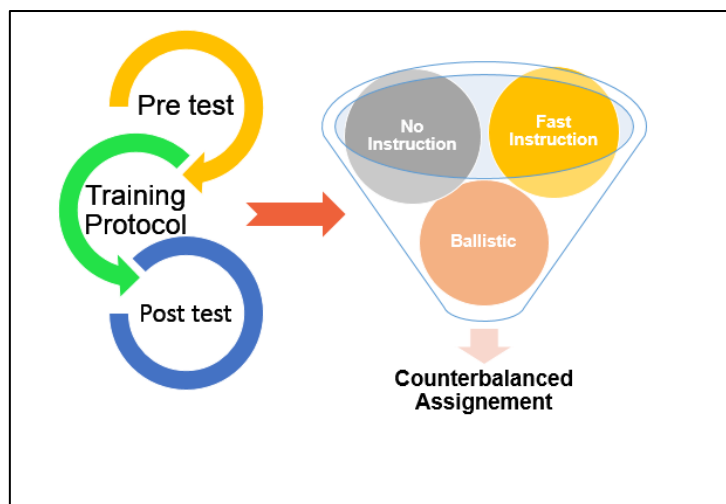


Figura 2. Sumário da concepção do estudo.

4.2.1. Material Utilizado

A instrumentação necessária para a realização deste estudo passou pela utilização de uma plataforma de força Bertec 60x90 (Bertec Corporation, Columbus, OH, USA), de um sistema de eletromiografia Trigno Wireless da Delsys (Delsys Inc., Natick, MA, USA), um Dinamómetro Isocinético Biodex System 4 (Biodex Medical Systems, Inc., Shirley, NY, USA), o sistema AcqKnowledge do Biopac (Biopac Systems Inc., Goleta, CA, USA) e do software de interface Qualisys Track Manager (Qualisys AB, Gotemburgo, Suécia).

4.3. Procedimentos e Recolha de Dados

A recolha de dados (oitava semana) foi realizada em três sessões, cada sessão destinada à realização de um protocolo (força balística, força máxima sem instrução, força máxima com instrução). Todos os protocolos cumpriram todos os procedimentos de igual forma.

Primeiramente, e antes de iniciar o aquecimento, foram marcados os locais onde seriam colocados os elétrodos nos três músculos selecionados (vasto medial, vasto lateral e reto femoral), e o centro articular de rotação do

joelho direito, (côndilo femoral lateral) para a avaliação da RFD no Biodex. As marcações para a colocação dos elétrodos foram realizadas de acordo com as recomendações sugeridas por Hermes et al. (1999).

A sessão iniciou-se com cinco minutos de corrida contínua lenta no tapete rolante, a 60% da frequência cardíaca máxima de cada sujeito, seguidos de exercícios de mobilidade articular (padrão).

Após o aquecimento, os sujeitos sentaram-se e foram ajustados na cadeira do dinamômetro isocinético. A cadeira foi ajustada consoante os eixos de rotação da articulação do joelho relativamente ao do dinamômetro isocinético. Seguidamente foi realizada a preparação da pele para a colocação dos elétrodos para a recolha de dados eletromiográficos.

Este teste inicial teve como objetivo medir a capacidade explosiva dos sujeitos durante uma contração isométrica. O protocolo seguido foi o proposto por Tillin et al. (2014), sendo caracterizado por quatro a seis tentativas de uma contração máxima voluntária de cinco segundos contra uma resistência fixa, com o joelho e quadril em ângulos de 85° e 100°, respetivamente (180° representando a extensão completa), onde foram registados o torque e a atividade elétrica muscular. Os sujeitos foram instruídos para realizar o movimento de forma forte e rápida, contra a resistência no momento de contração. Estas primeiras tentativas foram utilizadas a fim de familiarizar indivíduos com este teste.

Relativamente à quantificação da atividade elétrica muscular recorreremos ao equipamento da Delsys EMG System que inclui o eletromiógrafo e acelerômetro sem fios (Delsys Trigno). Os músculos eletromiografados foram o Reto Femoral, Vastus Medial e Vastus Lateral, usando um sistema de aquisição diferencial *wireless trigno* (Delsys inc., Boston, MA, EUA) a uma frequência de aquisição de 2000Hz. Foram usados elétrodos mono-diferenciais de superfície, com duas superfícies de deteção duplas, tendo sido afixados de acordo com as normas do SENIAM (Hermens et al., 1999). Os elétrodos foram aplicados na linha média do ventre muscular paralelos à orientação das fibras e afixados na pele com fita hipoalergénica.

Foram usadas as seguintes definições: largura de banda de 20 a 450 Hz e taxa de rejeição do modo comum > 80dB. Os sinais foram amplificados e amostrados a 2kHz, convertidos para 12 bits e armazenados no computador.

Para a recolha dos dados relativos ao torque muscular produzido recorreu-se a um dinamómetro isocinético Biodex Multi-Joint System Pro (Biodex Corporation, Shirley, New York).

Para a análise da força isométrica e dinâmica foi escolhido o teste *midthigh clean pull*, uma vez que corresponde à porção do *Clean* onde as maiores velocidades e forças são geradas (Garhammer, 1993). Os dados dinamométricos foram recolhidos com recurso a uma plataforma de forças Bertec FP6090 (Bertec, USA) a uma frequência de amostragem de 1000 Hz, a qual estava sincronizada com o sistema Qualysis.

Para o teste isométrico, o sujeito foi colocado na plataforma de força onde foi ancorada a barra. Além da fixação, foram adicionados pesos à barra e pediu-se a 2 pessoas para fixar a mesma, impedindo desta forma qualquer movimento e contrariar assim qualquer desequilíbrio com as forças de reação do solo. Inicialmente os sujeitos adotaram a posição angular sugerida pela literatura para a avaliação através deste exercício, para a articulação do joelho e da anca ($141 \pm 10^\circ$; $124 \pm 11^\circ$, respetivamente) os quais foram medidos com goniómetros, a fim de garantir que a posição foi reproduzida com precisão durante cada ensaio isométrico e dinâmico. Desta forma a posição inicial da barra era em torno do meio da coxa.

A plataforma tinha sido previamente calibrada. Depois de adotar esta posição, os indivíduos realizaram o exercício do *midthigh clean pull* isométrico.

Os sujeitos foram instruídos a puxar tão rápido e tão forte quanto possível a carga inamovível, conforme as instruções sugeridas por Bemben et al. (1990) para obtenção dos melhores resultados para os testes de força máxima e pico da taxa produção de força.

Os sujeitos efetuaram 2 tentativas, sendo que em cada uma realizaram 2 contrações de 5 segundos. O intervalo entre tentativas foi de 3 minutos a fim de garantir uma recuperação completa.

Para os testes dinâmicos, os indivíduos começaram por partir da mesma posição, mas desta vez a barra não foi fixada à plataforma de força. Neste caso, pediu-se aos sujeitos para levantarem a carga o mais rápido possível. Cada sujeito realizou duas tentativas com cada uma das cargas correspondentes a 80, 100 e 120% do peso corporal de cada sujeito. Foram

dados 30 segundos de recuperação entre cada tentativa e 3 minutos entre as cargas.

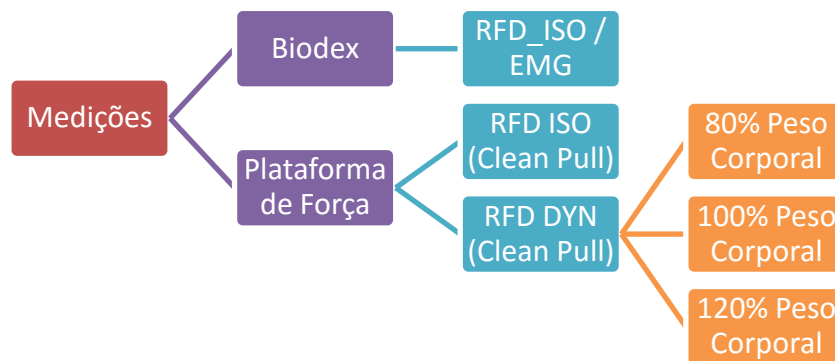


Figura 3. Resumo dos testes realizados.

4.4. Tratamento dos dados

Para o tratamento dos dados recorreremos a rotinas desenvolvidas em ambiente Matlab 2012 a, (The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, United States). Foram desenvolvidas duas rotinas, a primeira dedicada ao tratamento dos dados do *midthigh pull* isométrico e dinâmico, provenientes da plataforma de forças e a segunda ao tratamento dos dados cinéticos e eletromiográficos obtidos no Biodex em regime isométrico.

Os passos seguidos para o efeito no caso do tratamento do *midthigh pull* isométrico e dinâmico iniciaram-se pela remoção do *offset* seguida de filtragem do sinal utilizando um filtro passa-baixo, Butterworth de 2ª ordem, com frequência de corte de 20 Hz, através de uma implementação que procura reduzir a zero problemas de fase, gerando no final o *output* das variáveis em análise.

Os sinais referentes ao torque e eletromiografia provenientes do Biodex, foram filtrados utilizando um filtro passa-baixo, Butterworth de 2ª ordem, com frequência de corte de 20 Hz, com uma implementação que procura igualmente reduzir a zero problemas de fase.

Nos sinais eletromiográficos procedeu-se à remoção do *offset* e à filtragem com um passa-banda, Butterworth de 2ª ordem, com frequência inferior de 10 Hz e superior de 250 Hz. Para termos uma medida de potência dos sinais, determinou-se o envelope linear com recurso ao RMS com uma janela de 0.1 segundos.

4.5. Procedimentos Estatísticos

No que respeita ao tratamento estatístico dos dados recorreremos ao *software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) Statistics for Windows*, versão 21, Armonk, NY: IBM Corp., para calcular os valores médios e desvios padrão (DP). Os dados são apresentados como valores médios \pm DP.

A normalidade e homogeneidade foram verificadas através dos testes *Shapiro-Wilk* e *Levene* respetivamente.

O primeiro passo da análise foi utilizar o T-Teste medidas repetidas para explorar os efeitos dos programas de treino aplicados entre o pré-teste e pós-teste para cada grupo.

Foi também utilizado o ANOVA *one way*, para procurar diferenças entre os grupos 1, 2 e 3 em todas as variáveis escolhidas. O nível de significância estatística foi definido como $p = 0,05$.

5. RESULTADOS

Este estudo teve como objetivo principal determinar os efeitos neuromusculares de diferentes estímulos proporcionados através de três tipos de programas de treino na Taxa de Produção de Força (RFD).

Neste capítulo são apresentados os resultados dos parâmetros avaliados. Numa fase inicial foram analisadas as variáveis intragrupo, para identificar as diferenças entre o pré e pós e posteriormente essas mesmas variáveis foram analisadas intergrupos de forma a comparar as diferenças entre grupos.

5.1. Análise Intragrupo do Pré e Pós do teste Biodex, no Torque, pRFD, RFD e EMG

As figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 apresentam a análise das diferenças entre o Pré e Pós, dentro de cada um dos grupos, nos parâmetros avaliados no teste do Biodex. As respetivas figuras apresentam igualmente as médias e erros padrão.

O Grupo 1, neste teste não apresentou diferenças significativas em nenhum dos parâmetros aqui analisados.

O Grupo 2 apresentou diferenças significativas no torque em momentos diferentes. Verifica-se que tanto no T50 como no T150 regrediu substancialmente entre o teste Pré e o teste Pós, apresentando no T50 um valor de $p=0,019$ no e T150 $p=0,025$. Na RFD o Grupo 2 volta a apresentar um retrocesso entre testes com diferenças significativas na RFD30 $p=0,042$; RFD50 $p=0,031$; RFD150 $p=0,028$; RFD200 $p=0,031$.

O Grupo 3 apresenta um melhoramento entre o Pré e Pós com diferenças significativas na Eletromiografia do Vasto Medial, EMG50 $p=0,012$; EMG100 $p=0,016$; EMG150 $p=0,012$.

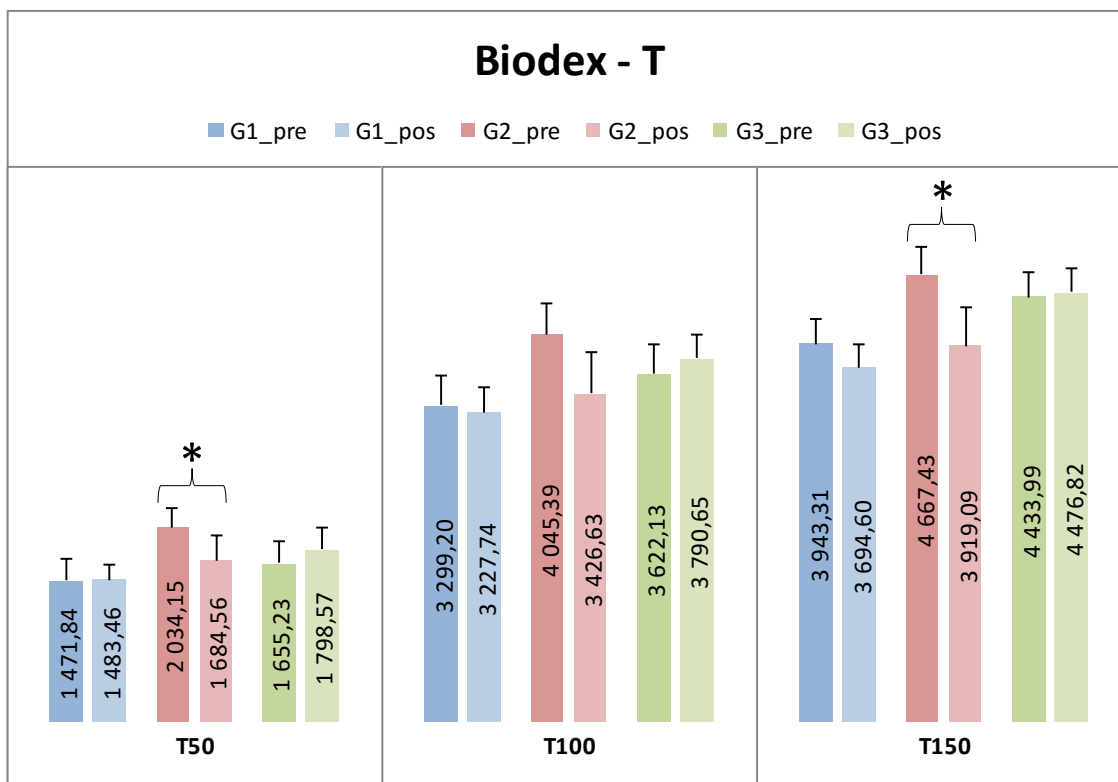


Figura 4. Teste Biodex avaliando e comparando o Torque entre o Pré e Pós Teste intragrupo.

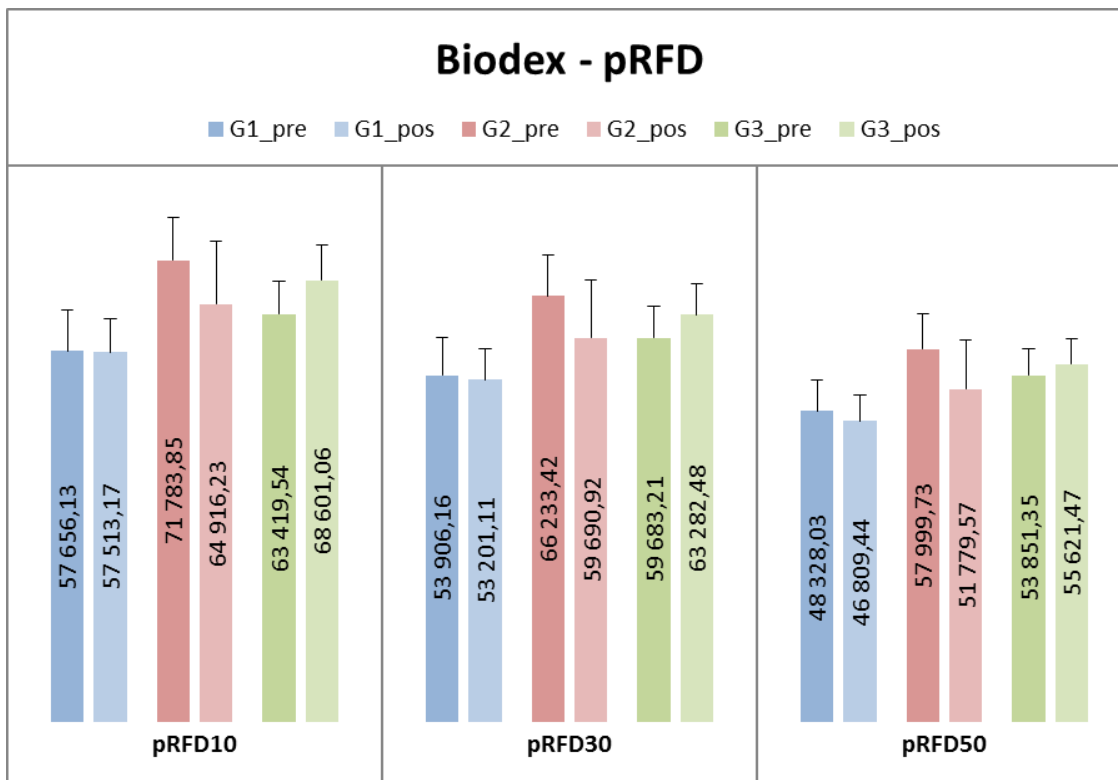


Figura 5. Teste Biodex avaliando e comparando o Pico da RFD entre o Pré e Pós teste intragrupo.

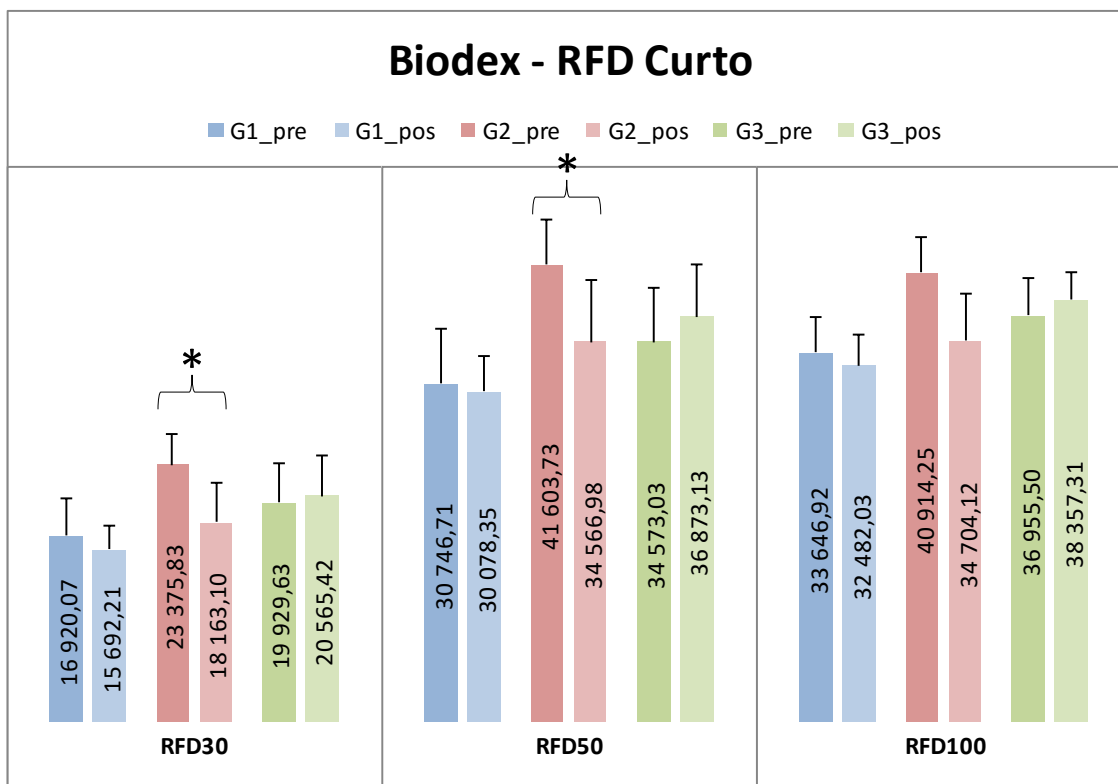


Figura 6. Teste Biodex avaliando e comparando o RFD nos intervalos de tempo da Fase Inicial entre o Pré e Pós Teste intragrupo.

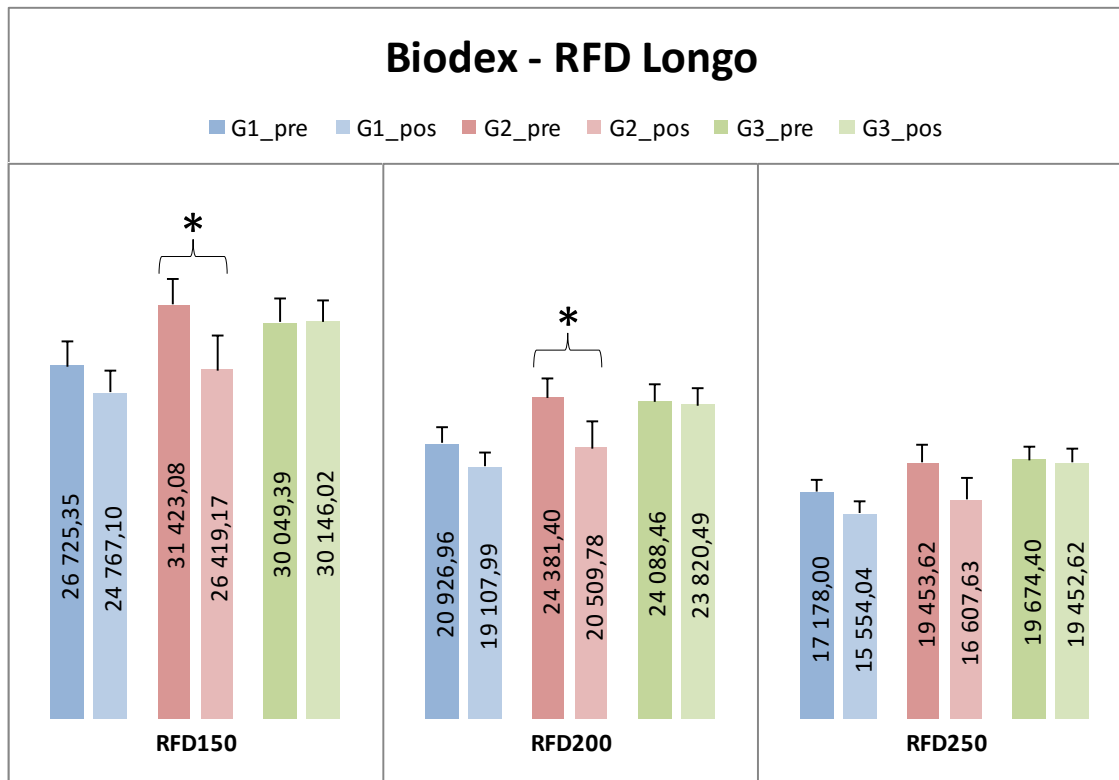


Figura 7. Teste Biodex avaliando e comparando o RFD nos intervalos de tempo da Fase Tardia entre o Pré e Pós Teste intragrupo.

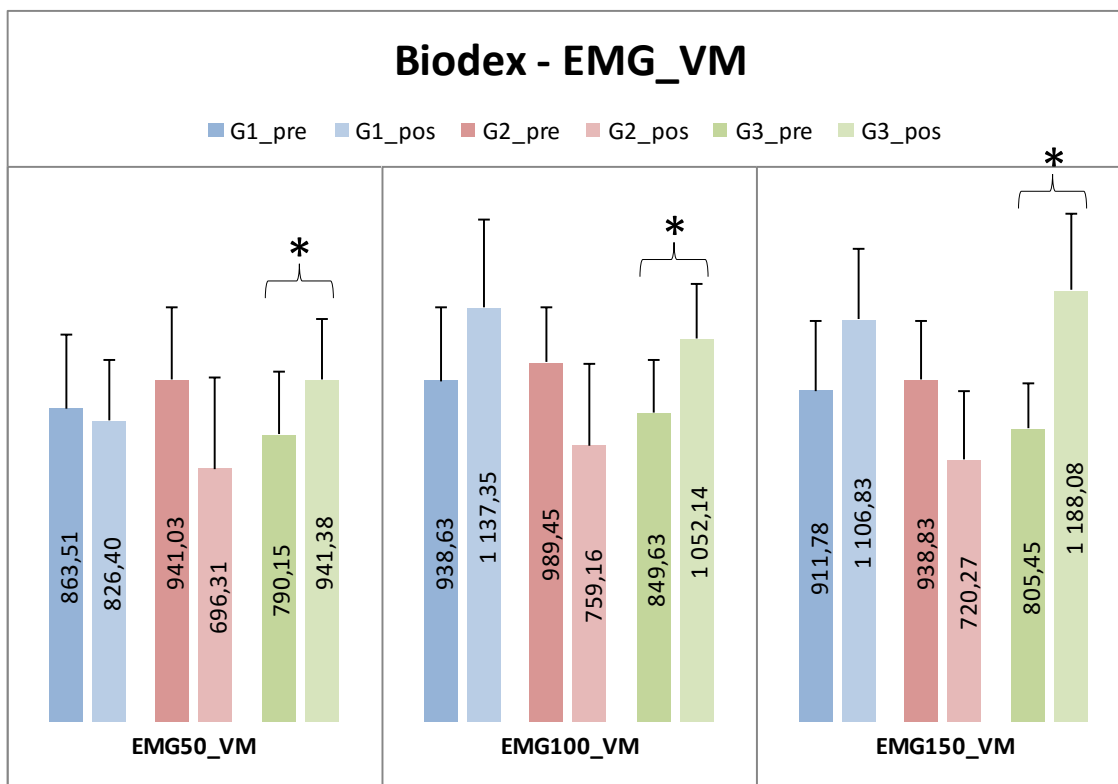


Figura 8. Teste Biodex avaliando e comparando a atividade Eletromiográfica no Vasto Medial entre o Pré e Pós Teste intragrupo.

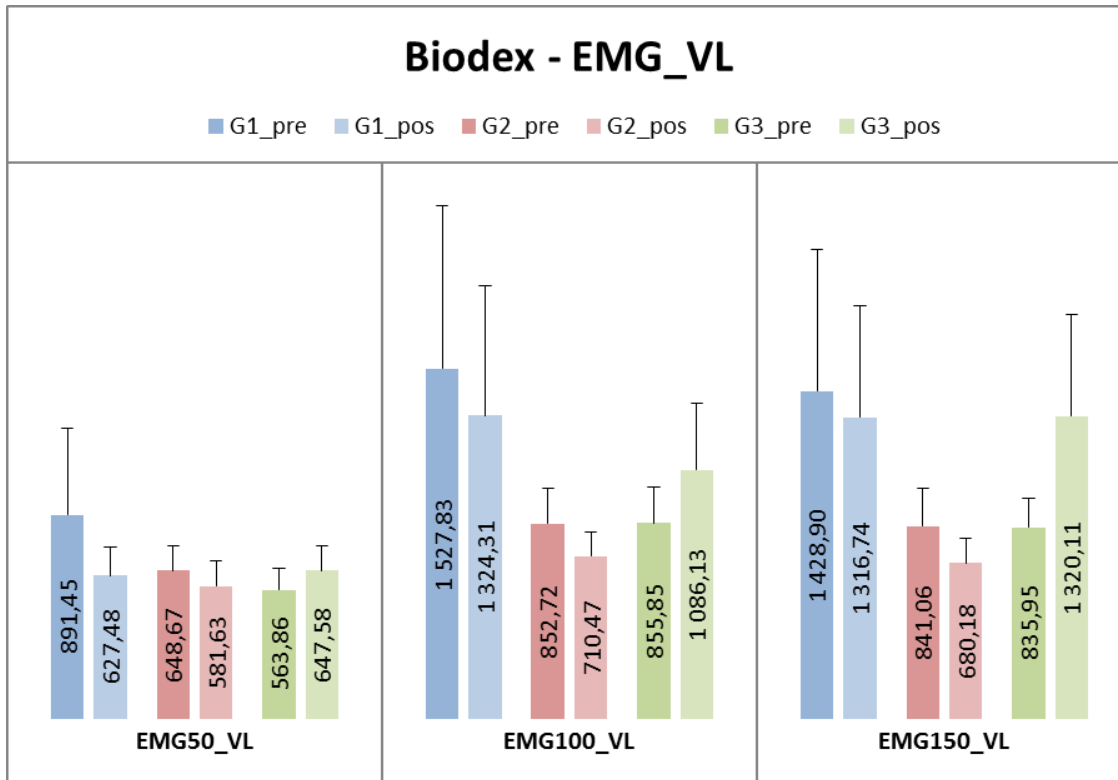


Figura 9. Teste Biodex avaliando e comparando a atividade Eletromiográfica do Vasto Lateral entre o Pré e Pós Teste intragrupo.

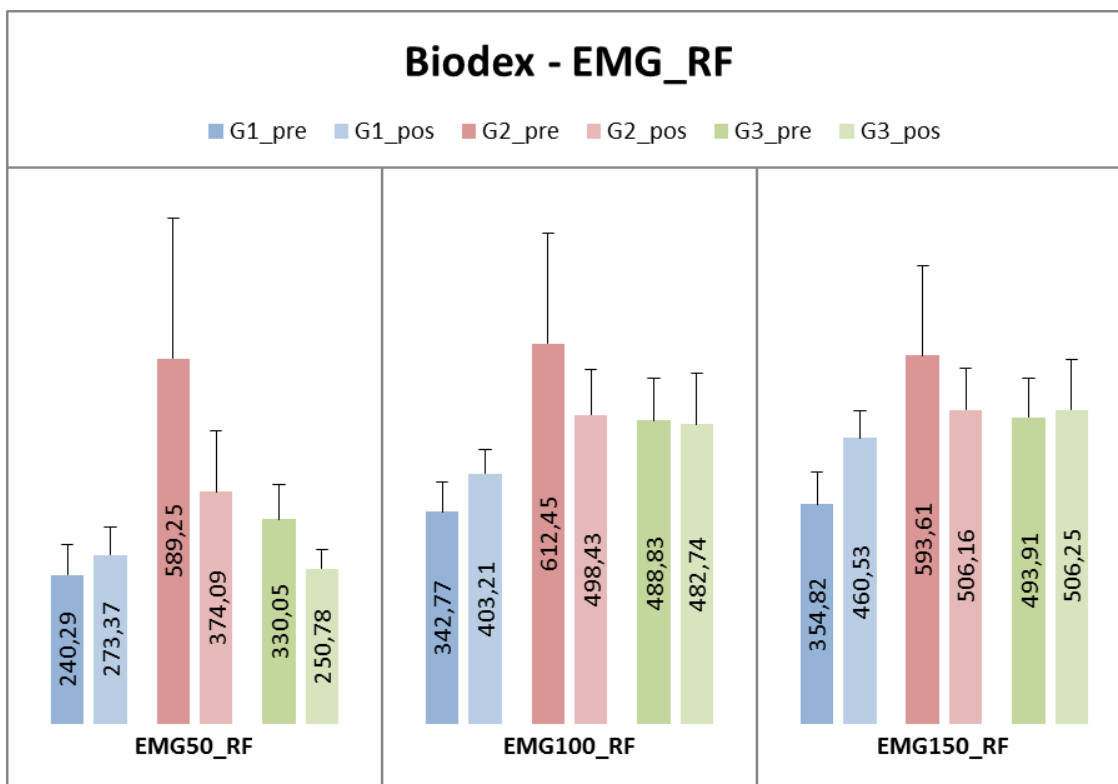


Figura 10. Teste Biodex avaliando e comparando a atividade Eletromiográfica do Reto Femoral entre o Pré e Pós Teste intragrupo.

5.2. Análise do Pré e Pós do teste *Clean Pull* Isométrico (ISO), na Força, pRFD, RFD dentro de cada um dos grupos

As figuras 11, 12, 13 e 14 apresentam a análise das diferenças entre o Pré e Pós teste, dentro de cada um dos grupos, nos parâmetros avaliados no teste ISO. Nas figuras podem ser igualmente observadas as respectivas médias e erros padrão.

Como se pode observar, o Grupo 1 não apresenta diferenças significativas, assim como o Grupo 2 também não manifestou qualquer diferença entre Pré e o Pós teste, nos parâmetros analisados.

O Grupo 3 apresenta diferenças significativas na Força aos 100ms (F100) com o valor de $p=0,044$. Apresenta também diferenças significativas na RFD aos 100ms, 150ms, 200ms, 250ms, com os valores de $p=0,024$; $p=0,042$; $p=0,026$; $p=0,007$ respetivamente.

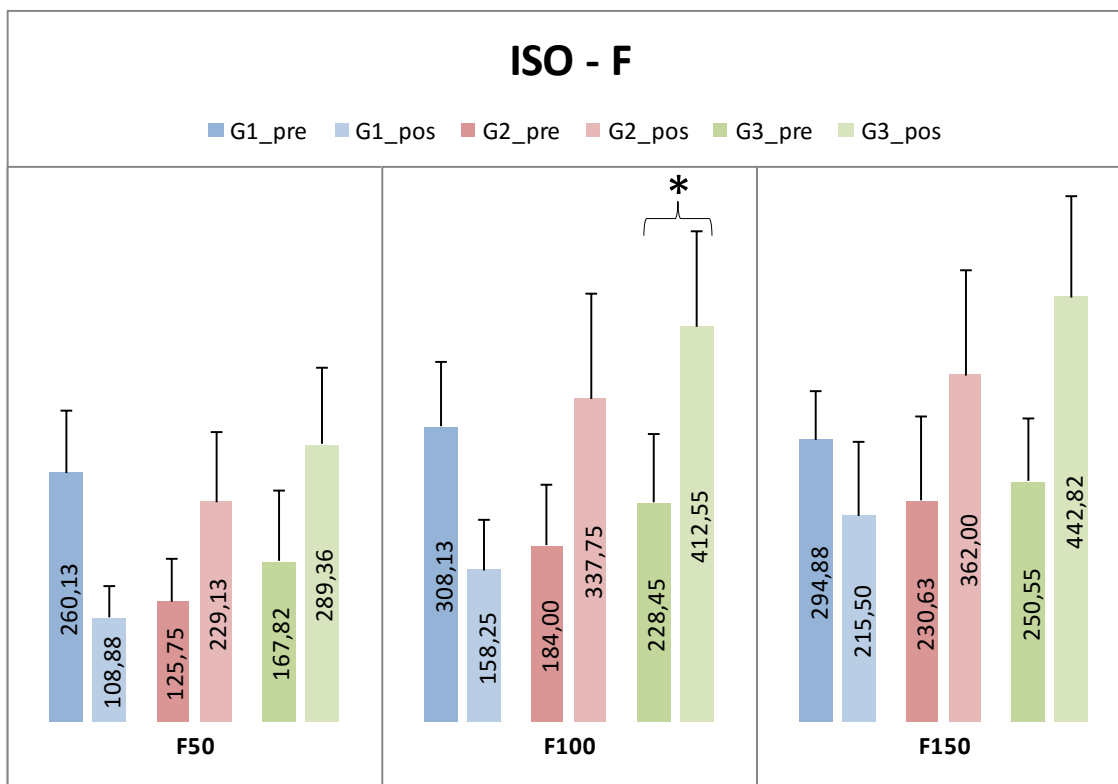


Figura 11. Teste *Clean Pull* Isométrico avaliando e comparando a Força no Pré e Pós Teste intragrupo.

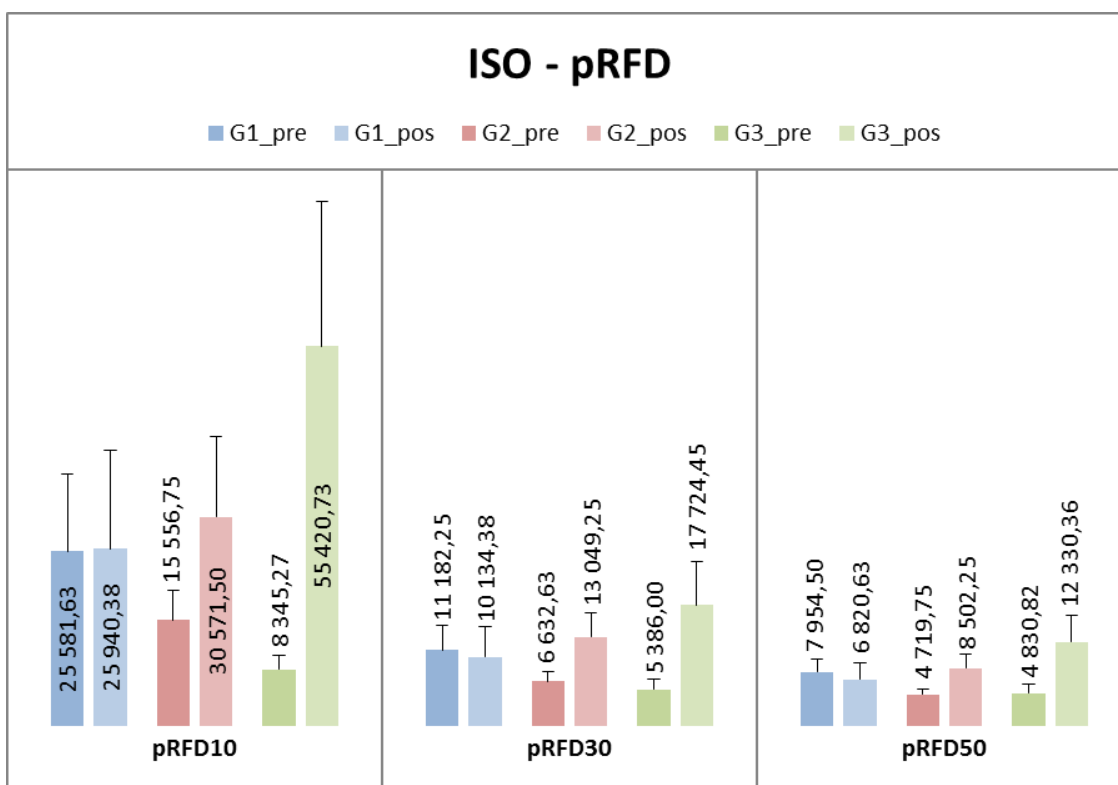


Figura 12. Teste *Clean Pull* Isométrico avaliando e comparando o Pico de RFD no Pré e Pós Teste intragrupo.

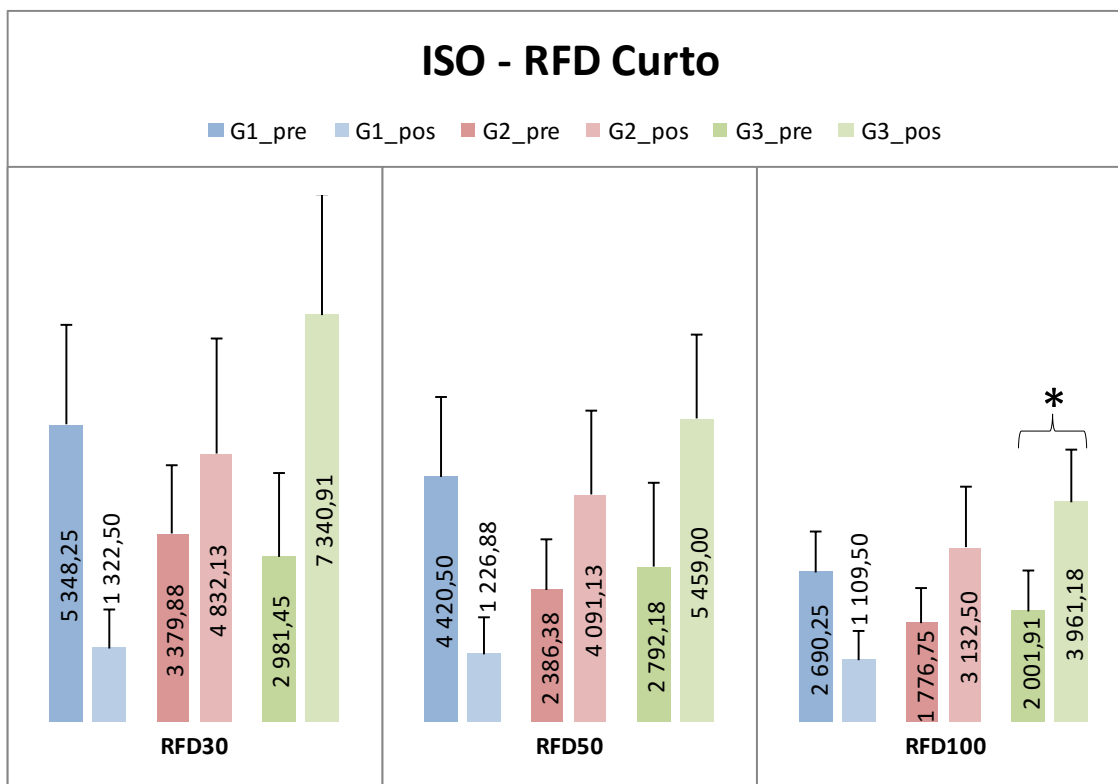


Figura 13. Teste *Clean Pull* Isométrico avaliando e comparando o RFD nos intervalos de tempo da Fase Inicial no Pré e Pós Teste intragrupo.

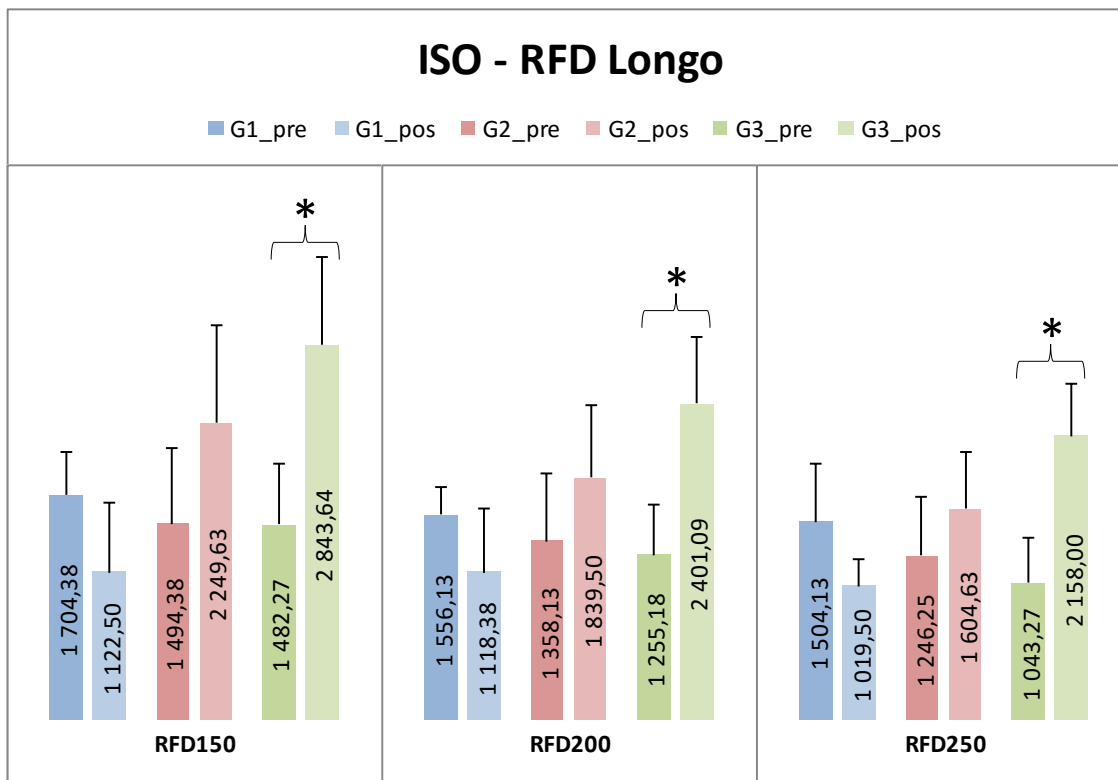


Figura 14. Teste *Clean Pull* Isométrico avaliando e comparando o RFD nos intervalos de tempo da Fase Tardia no Pré e Pós Teste intragrupo.

5.3. Análise do Pré e Pós do teste *Clean Pull* Dinâmico (DYN), na Força, pRFD, RFD dentro de cada um dos grupos

As figuras 15, 16, 17 e 18 apresentam a análise das diferenças entre o Pré e Pós, dentro de cada um dos grupos, nos parâmetros avaliados no teste DYN. As figuras apresentam as respectivas médias e erros padrão.

O Grupo 1 e 3 não apresentam diferenças significativas entre Pré e o Pós teste, nos parâmetros avaliados.

O Grupo 2 apresenta diferenças significativas no pRFD. No pRFD 10 $p=0,008$; pRFD 30 $p=0,007$; pRFD 50 $p=0,008$.

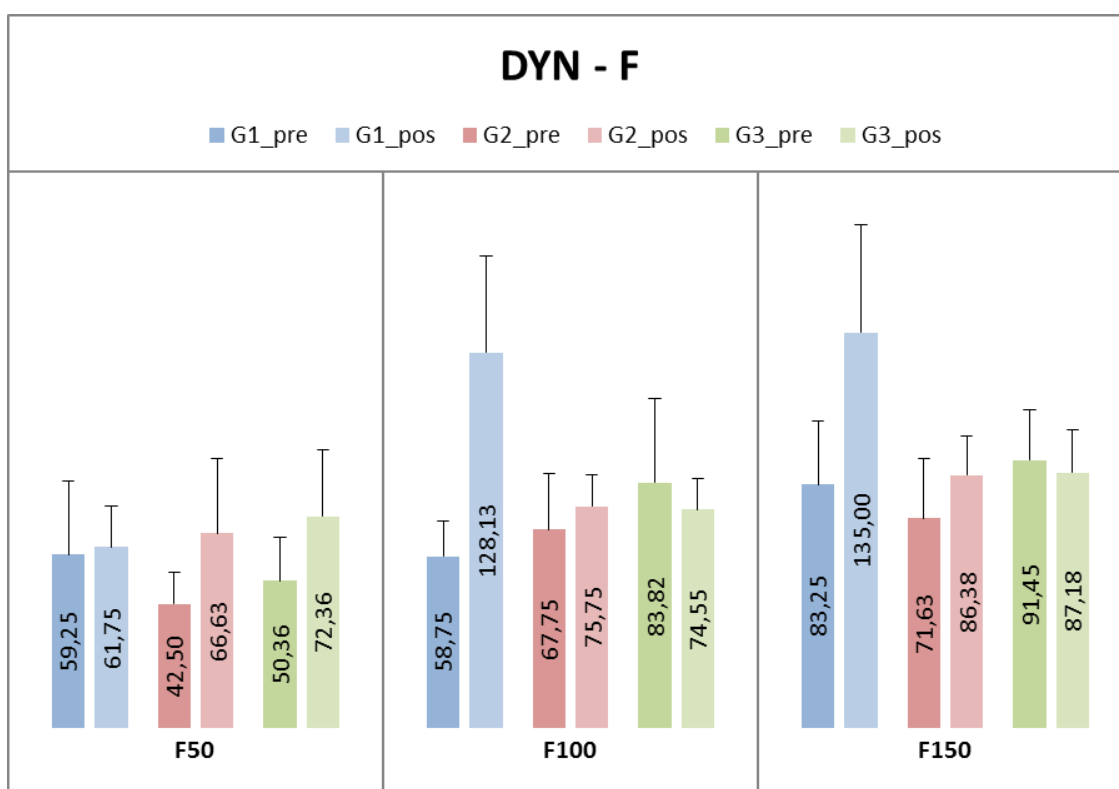


Figura 15. Teste *Clean Pull* Dinâmico avaliando e comparando a Força no Pré e Pós Teste intragrupo.

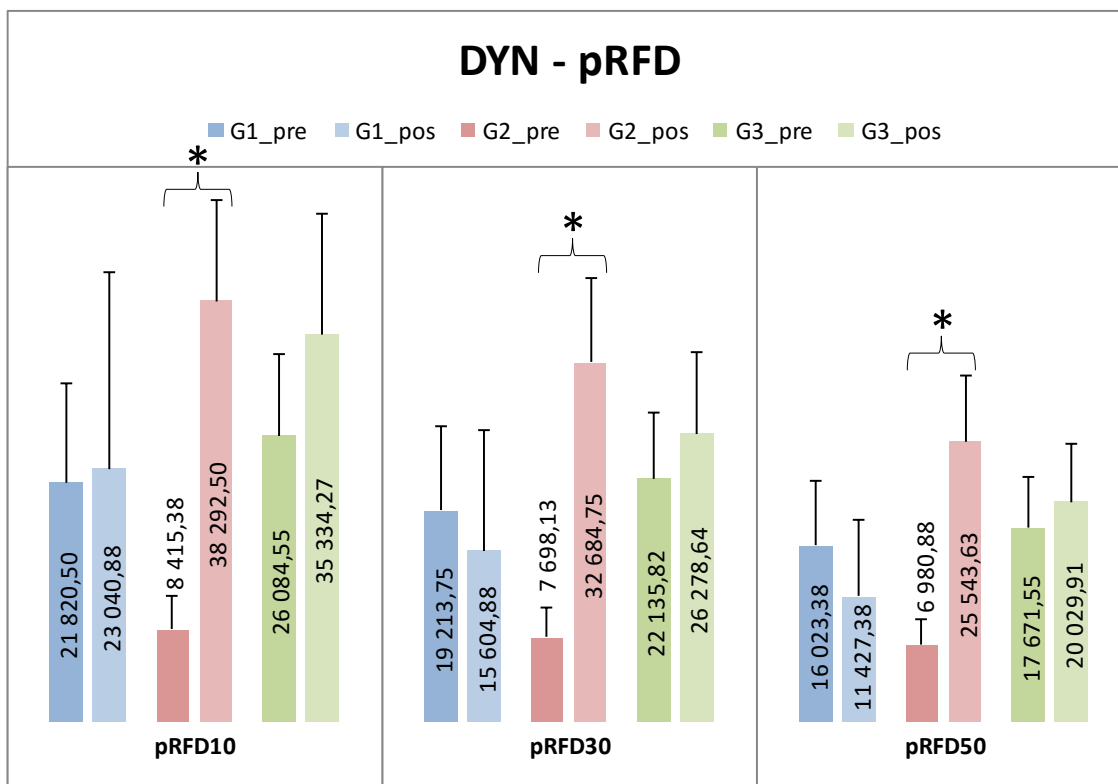


Figura 16. Teste *Clean Pull* Dinâmico avaliando e comparando o Pico da RFD no Pré e Pós Teste intragrupo.

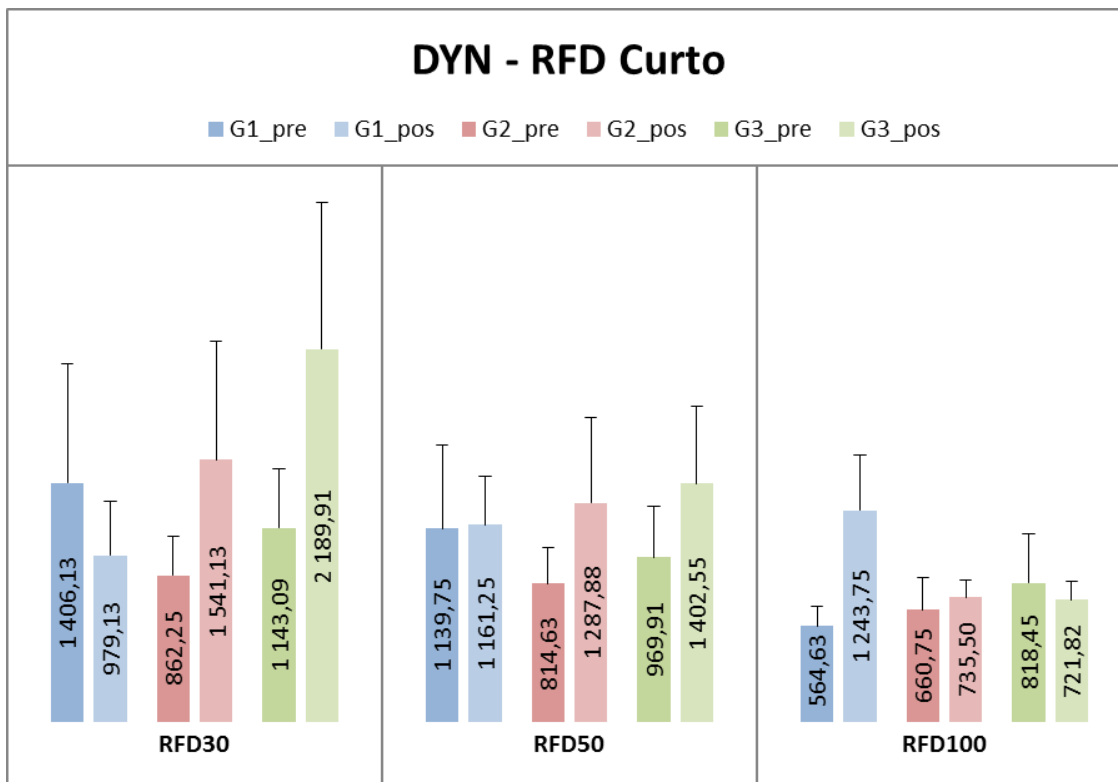


Figura 17. Teste *Clean Pull* Dinâmico avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Inicial no Pré e Pós Teste intragrupo.

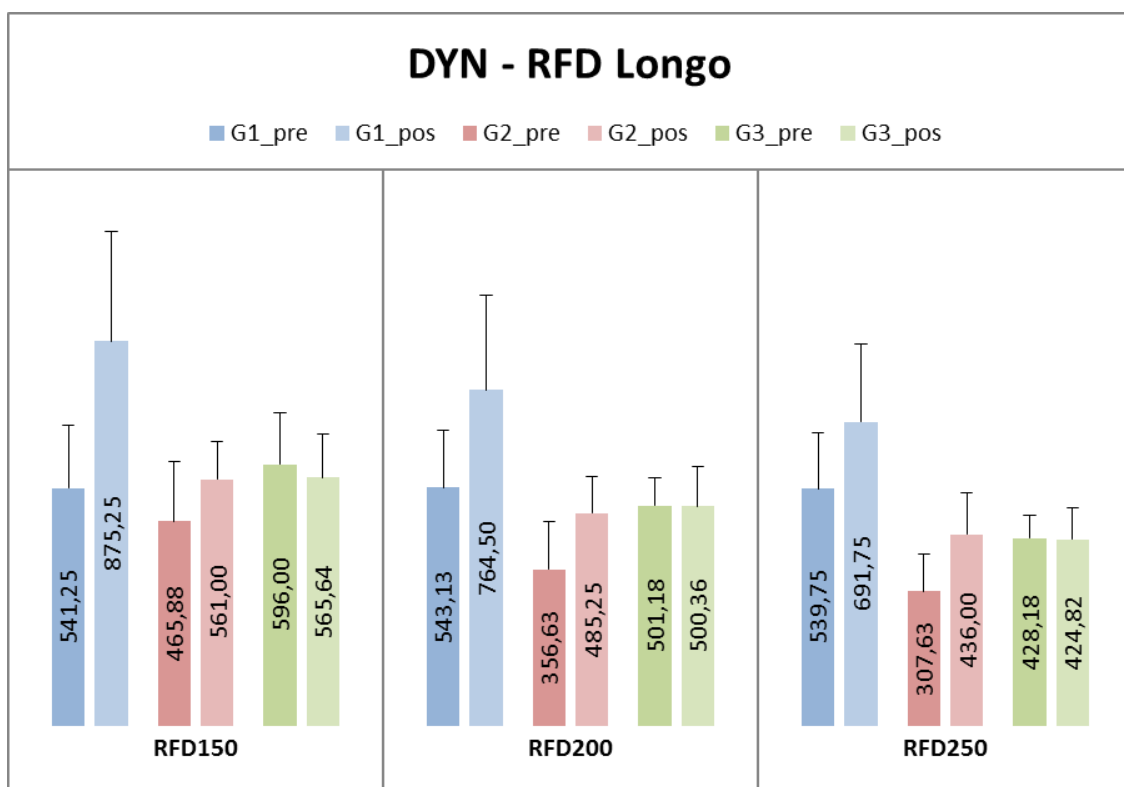


Figura 18. Teste *Clean Pull* Dinâmico avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Tardia no Pré e Pós Teste intragrupo.

5.4. Análise ANOVA, do Pré e Pós dos testes Biodex, ISO e DYN, com o objetivo de descobrir as diferenças entre grupos

As figuras 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 e 33 apresentam a comparação dos grupos entre o Pré e Pós teste, nos parâmetros avaliados nos testes Biodex, ISO e DYN. As respectivas figuras apresentam também as médias e erros padrão.

Na comparação entre grupos apenas foram verificadas diferenças significativas entre o Grupo 1 (Força Balística) e o Grupo 3 (Força Máxima com instrução) na RFD a 200ms e 250ms com o valor de $p = 0,041$ e $p = 0,034$ respectivamente.

Nas restantes comparações entre grupos não se verificaram diferenças significativas.

5.4.1. Biodex

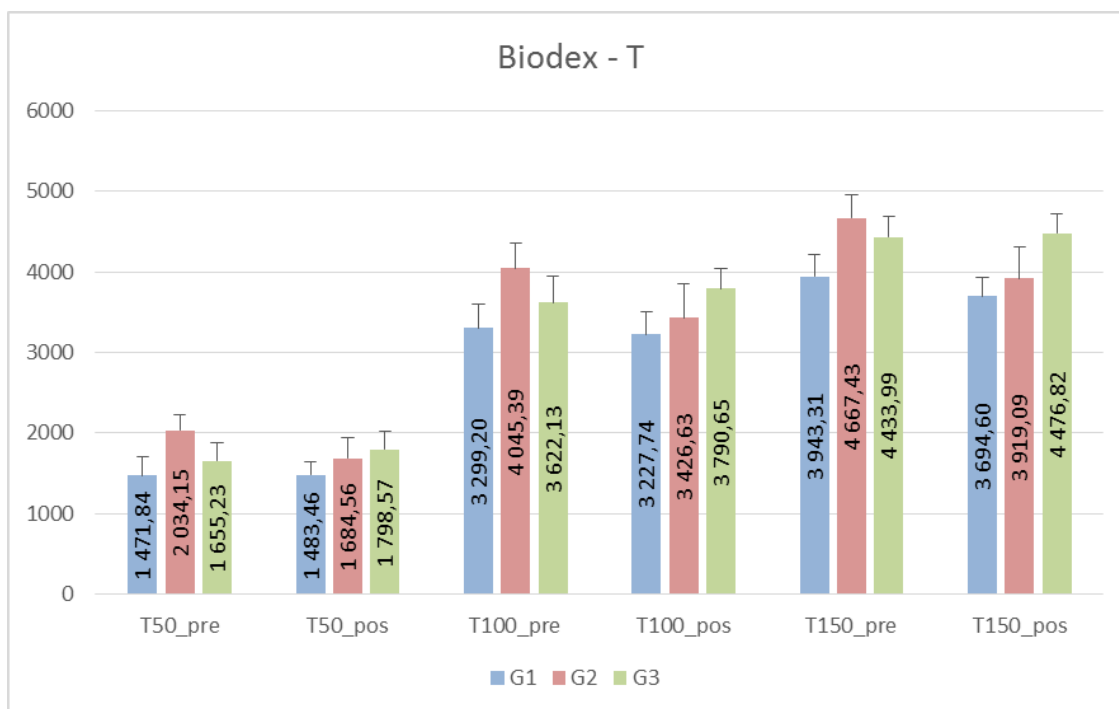


Figura 19. Teste Biodex avaliando e comparando o Torque entre grupos.

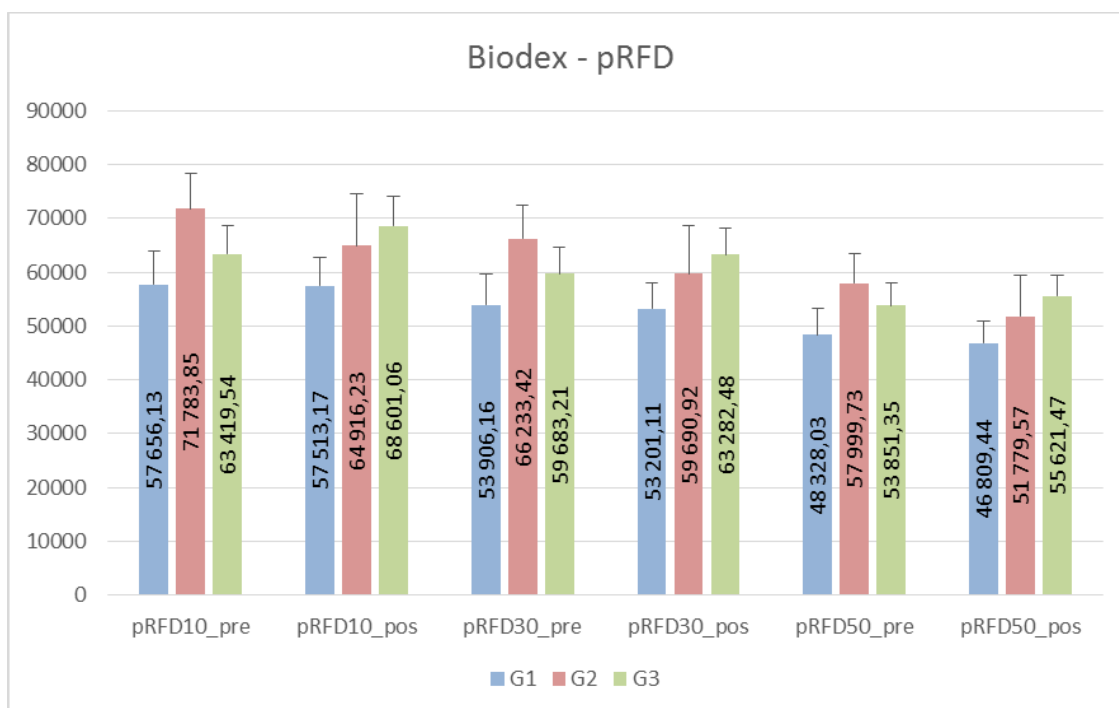


Figura 20. Teste Biodex avaliando e comparando o Pico da RFD entre grupos.

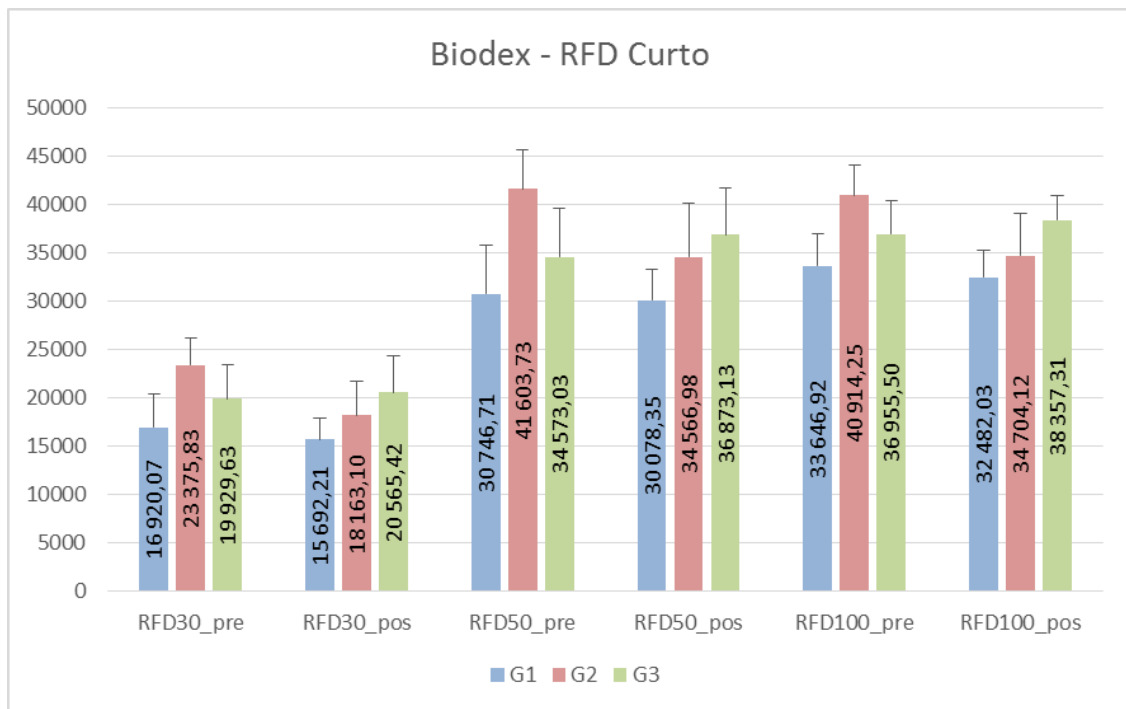


Figura 21. Teste Biodex avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Inicial entre grupos.



Figura 22. Teste Biodex avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Tardia entre grupos.

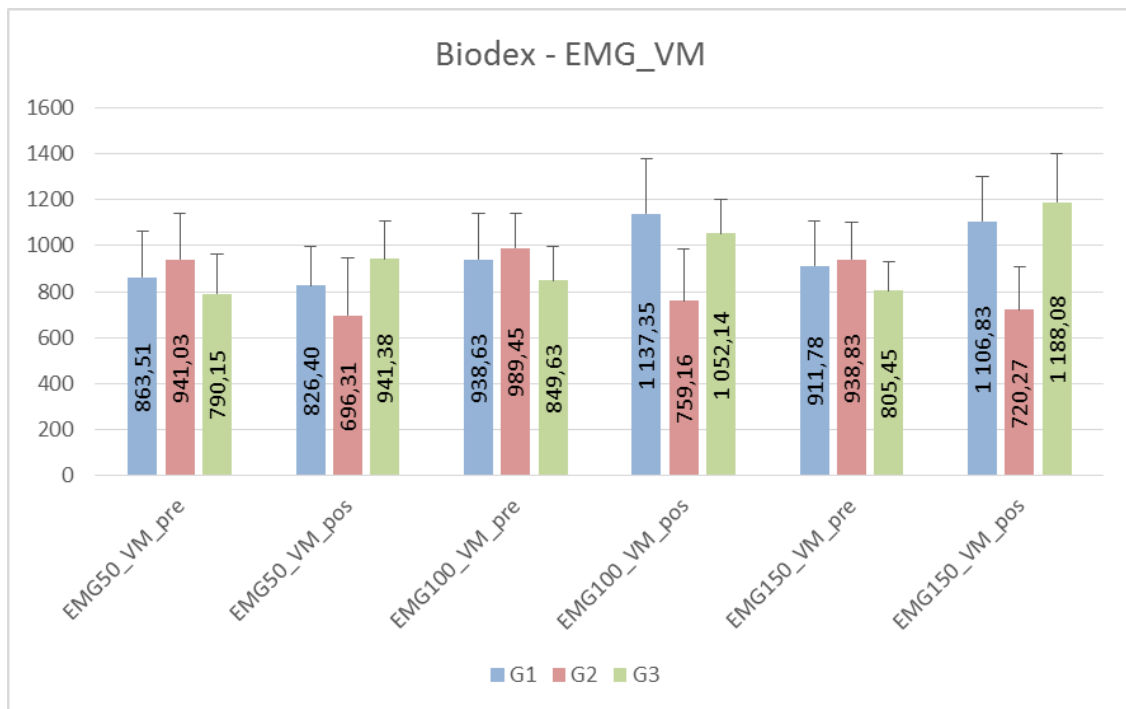


Figura 23. Teste Biodex avaliando e comparando a atividade Eletromiográfica do Vasto Medial entre grupos.

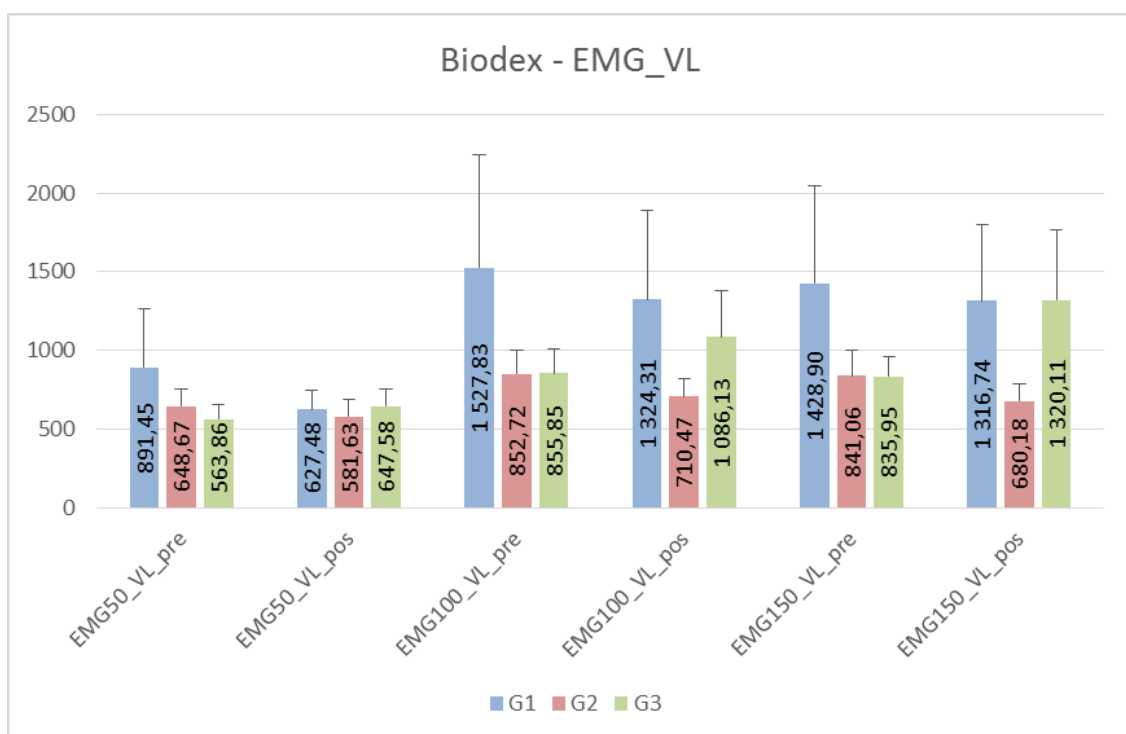


Figura 24. Teste Biodex avaliando e comparando a atividade Eletromiográfica do Vasto Lateral entre grupos.

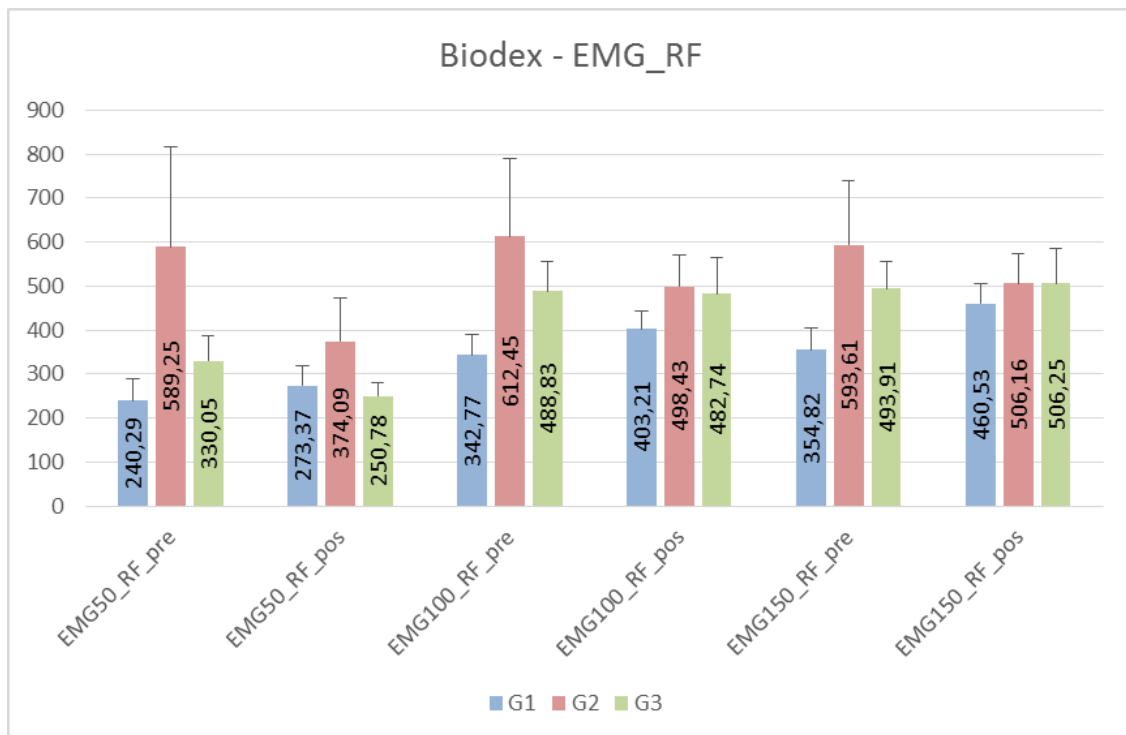


Figura 25. Teste Biodex avaliando e comparando a atividade Eletromiográfica do Reto Femoral entre grupos.

5.4.2. ISO

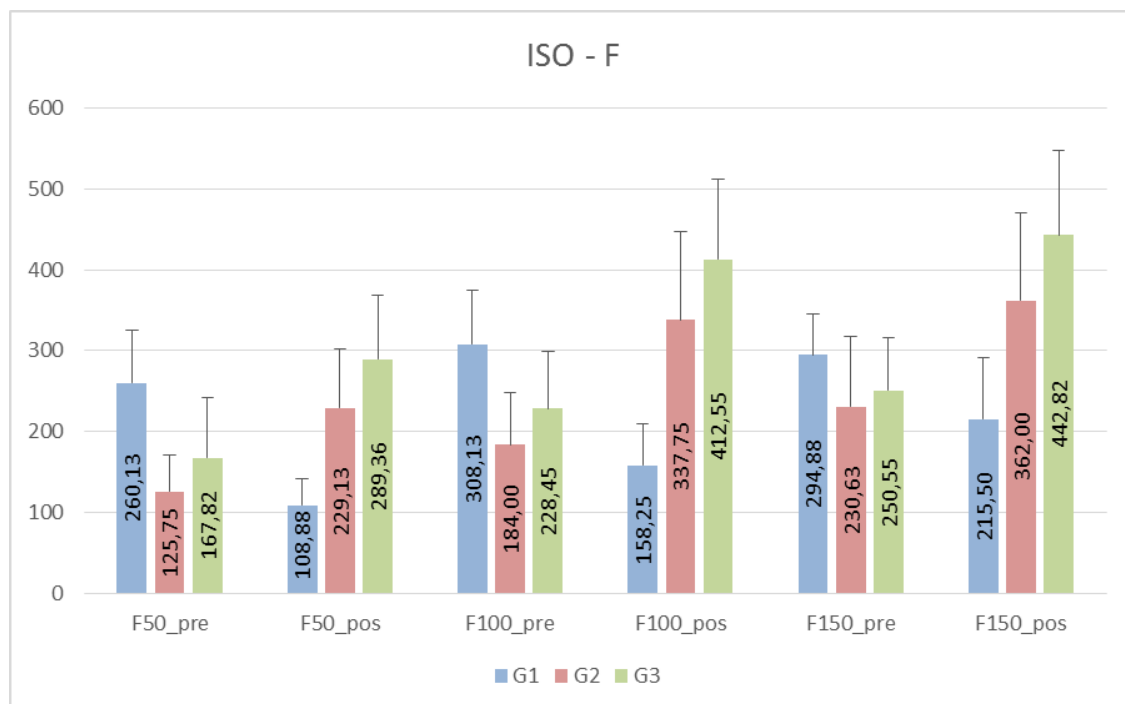


Figura 26. Teste *Clean Pull* Isométrico avaliando e comparando a Força entre grupos.

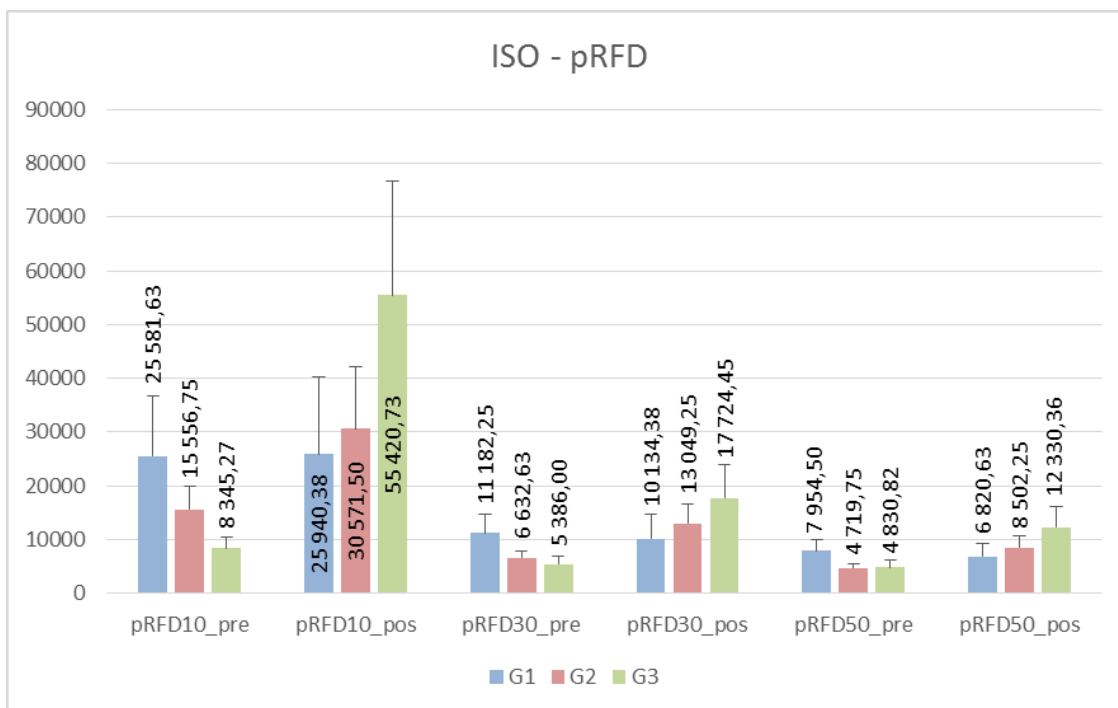


Figura 27. Teste *Clean Pull* Isométrico avaliando e comparando o Pico de RFD entre grupos.

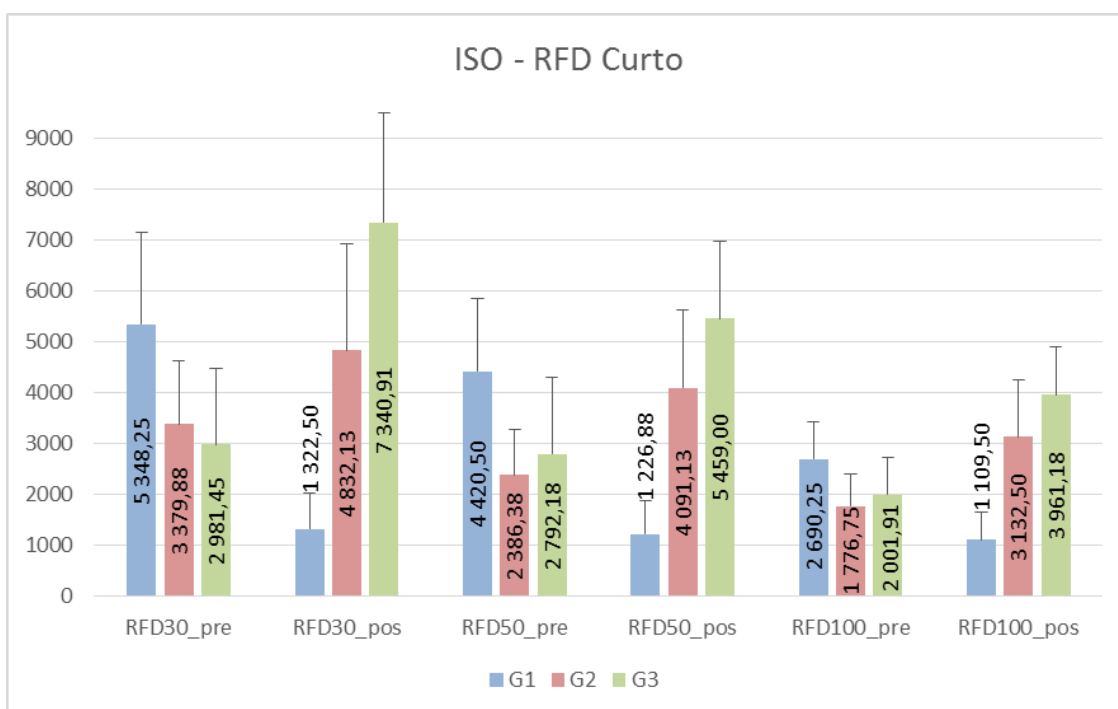


Figura 28. Teste *Clean Pull* Isométrico avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Inicial entre grupos.

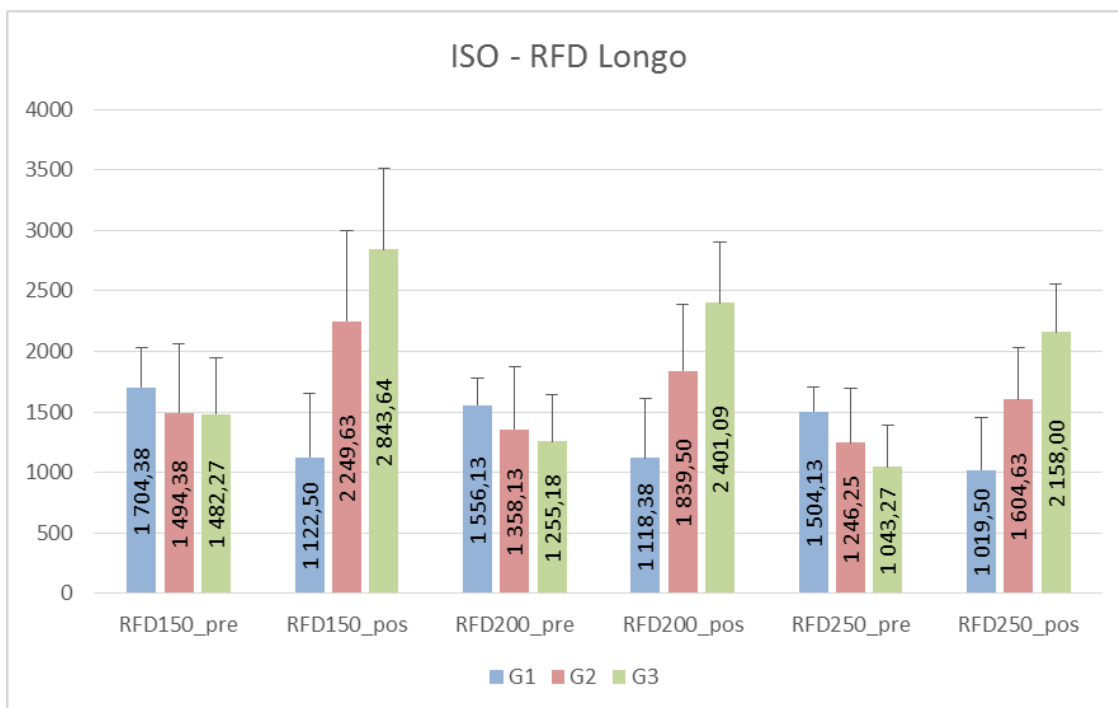


Figura 29. Teste *Clean Pull* Isométrico avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Tardia entre grupos.

5.4.3. DYN

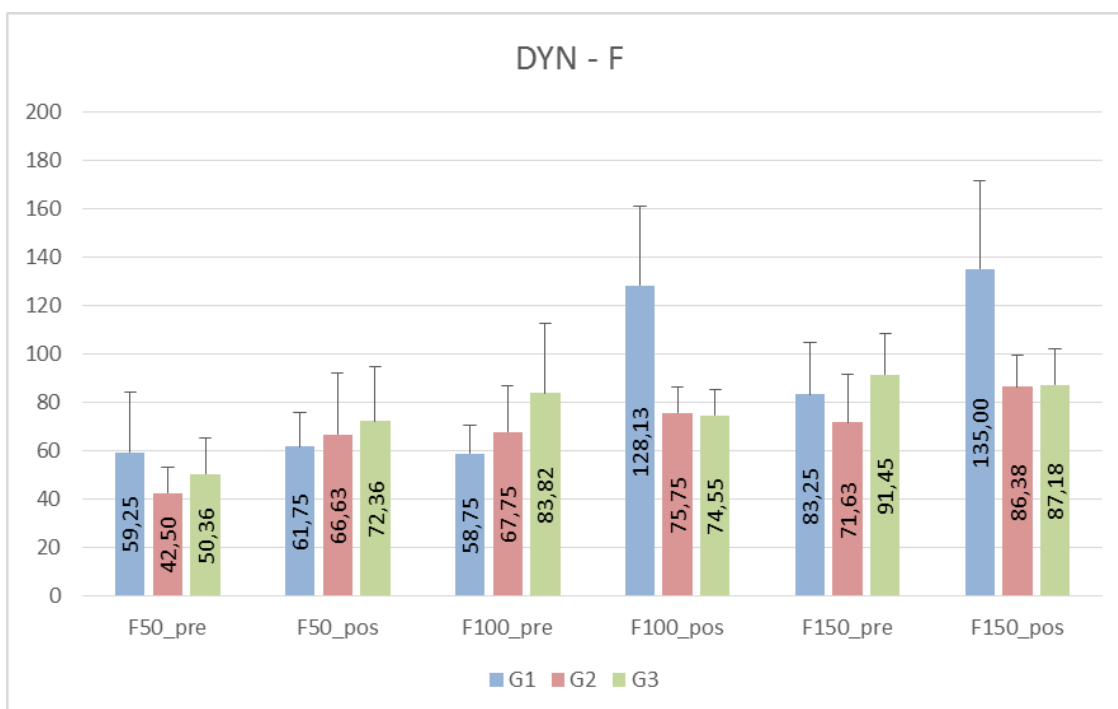


Figura 30. Teste *Clean Pull* Dinâmico avaliando e comparando a Força entre grupos.

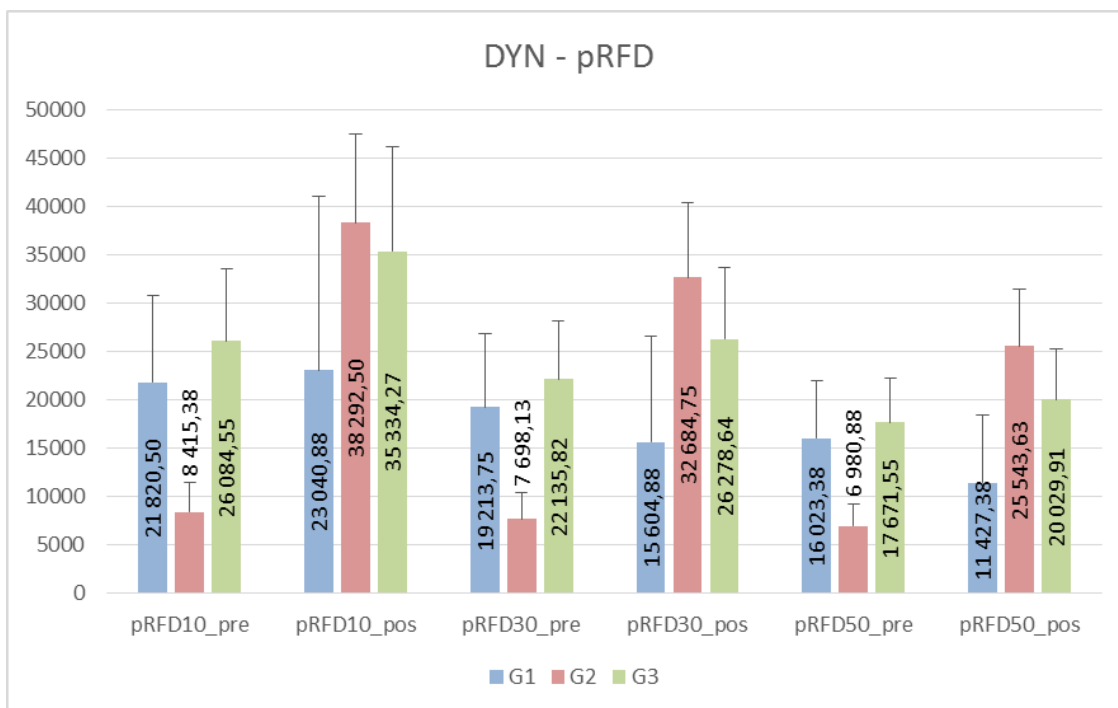


Figura 31. Teste *Clean Pull* Dinâmico avaliando e comparando o Pico da RFD entre grupos.

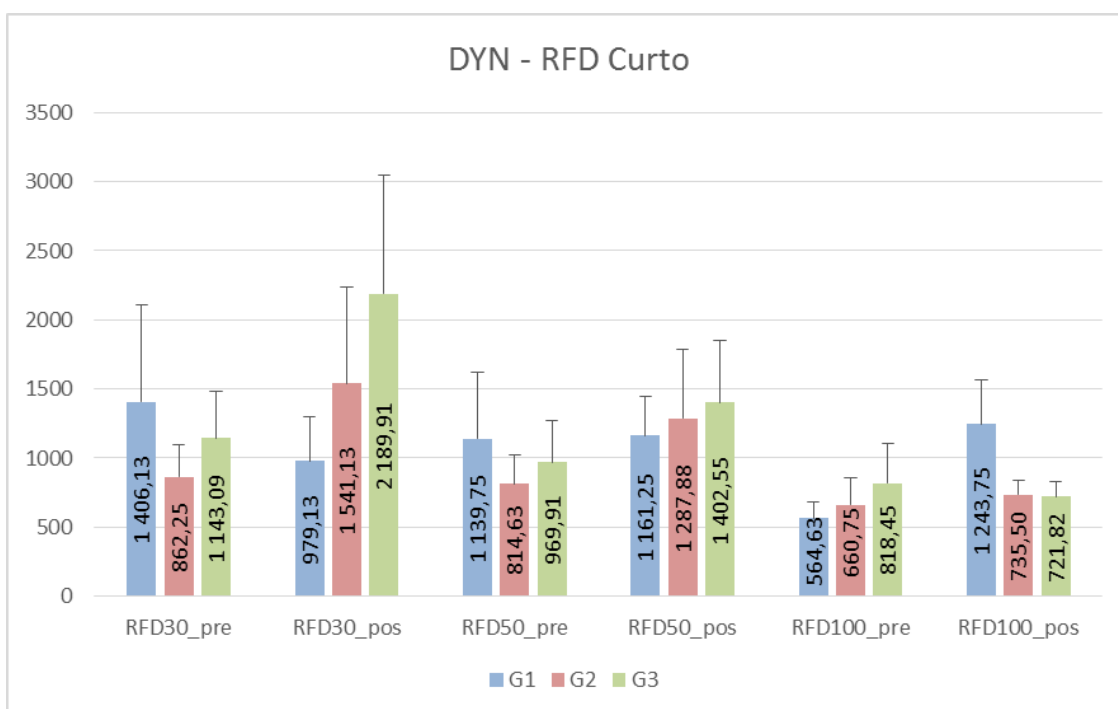


Figura 32. Teste *Clean Pull* Dinâmico avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Inicial entre grupos.

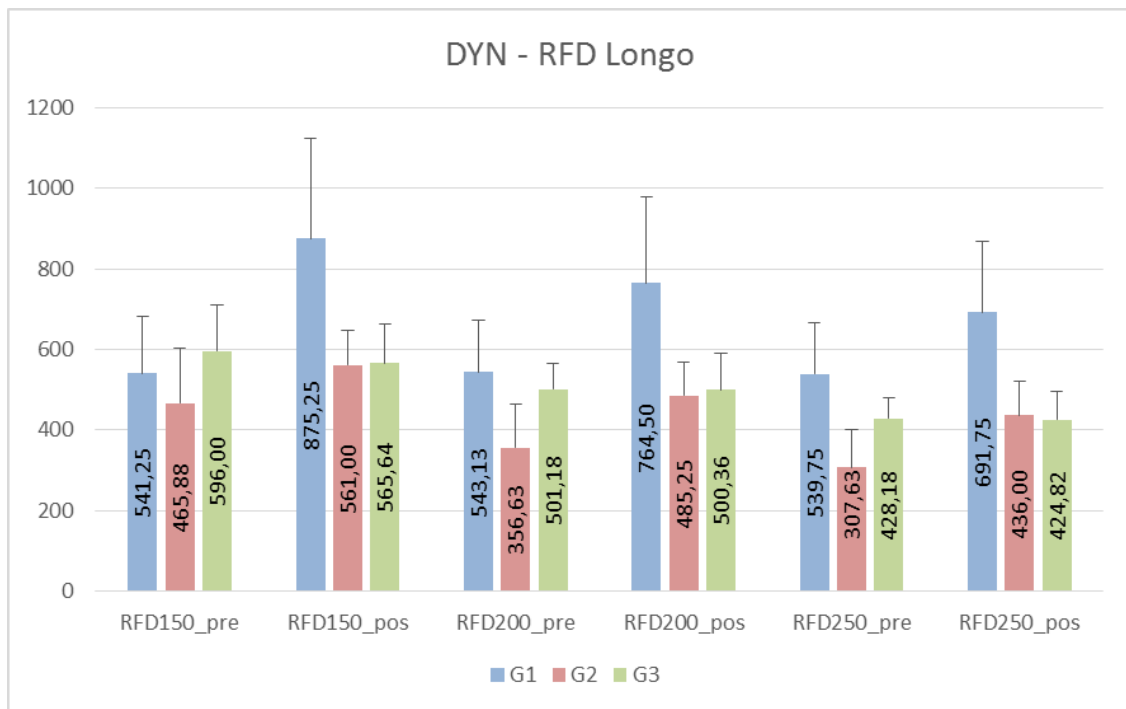


Figura 33. Teste *Clean Pull* Dinâmico avaliando e comparando a RFD nos intervalos de tempo da Fase Tardia entre grupos.

Este estudo teve como objetivo determinar os efeitos neuromusculares de diferentes estímulos proporcionados através de três tipos de programas de treino na Taxa de Produção de Força (RFD). Assim, o Grupo 1 efetuou um programa de treino de força balística com cargas leves, predominantemente com o peso corporal, com a intenção máxima e supramáxima de velocidade de execução. O Grupo 2 realizou um programa de treino de força máxima com cargas pesadas (80% - 90%), com ausência de instrução de velocidade, logo, com uma execução lenta. O Grupo 3 cumpriu um programa de força máxima com cargas pesadas (80% - 90%), com instrução de máxima velocidade na execução. Através da comparação destes programas de treino pretende-se perceber a sua eficácia na melhoria da RFD.

Os dados analisados neste estudo vêm gerar mais alguma controvérsia à já existente na literatura sobre a prescrição de um programa de treino adequado com o objetivo específico de criar adaptações relacionadas com a RFD.

A importância de compreender como alguns fatores podem afetar o estímulo, assim como a natureza da carga utilizada, representa o principal foco desta discussão. Nas pesquisas já efetuadas, podemos encontrar umas que reportam vantagem para o uso de cargas elevadas como a melhor forma de conseguir adaptações na RFD (Andersen et al., 2010; Blazevich et al., 2008; Oliveira et al., 2013a) e outras cujos resultados são no sentido oposto, que sugerem o uso de cargas baixas como o melhor caminho para melhorar este parâmetro (Cronin et al., 2001; Markovic et al., 2011; McBride et al., 2002). Este estudo sugere o uso de cargas elevadas como a melhor maneira de melhorar a RFD, pois na comparação entre grupos existem diferenças significativas entre o Grupo 1 (força balística) e o Grupo 3 (força máxima com instrução) na fase tardia da RFD, nos intervalos de tempo entre os 200ms e 250ms. Esta comparação revela que o treino de força máxima com instrução parece ser mais eficaz do que o treino de força balística na melhoria da RFD na fase tardia.

Este estudo sugere também o uso de cargas elevadas como a melhor maneira de melhorar a RFD, pois o Grupo 3 (força máxima com instrução) apresentou melhorias gerais neste estudo, tal como sugerem Blazevich et al. (2008); Andersen et al. (2010); Oliveira et al. (2013a). Por outro lado o Grupo 1

(força balística) não apresentou melhorias significativas em nenhum dos parâmetros avaliados, contradizendo os resultados obtidos por Cronin et al. (2001); Markovic et al. (2011); McBride (2002).

O tipo de instruções fornecidas ao atleta durante a execução dos exercícios em causa, surge como outro fator importante, devido à sua capacidade de influenciar a RFD (Fernandez-Del-Olmo et al., 2014), uma vez que esta instrução motivacional irá modificar a intenção e atitude do atleta de forma a mover-se mais rápido, ou mais lento (ausência de instrução) com a carga (Sánchez-Medina et al., 2014). Neste estudo confirma-se este fato através dos resultados alcançados, em que o Grupo 3 (força máxima com instrução) apresenta melhorias significativas na EMG do Vasto Medial, no teste isométrico na Força aos 100ms e na RFD nos intervalos de tempo entre os 100ms e os 250ms, enquanto o Grupo 2 (força máxima sem instrução) piorou, de um modo geral, em todos os parâmetros avaliados, inclusive com diferenças significativas no teste Biodex no torque e na RFD nos intervalos de tempo de 30ms, 50ms, 150ms e 200ms.

A RFD na fase inicial parece ser o parâmetro mais sensível a um programa de treino de força. Assim, sete artigos pesquisados mostraram melhorias nesta variável em 10 e 20 ms (Oliveira et al., 2013a), 30 ms (Behrens et al., 2013), 30 e 50 ms (Gruber & Gollhofer, 2004), 30, 50, 100 e 200 ms (Blazevich et al., 2008), 30 e 200 ms (Blazevich et al., 2009), 50, 100 e 200 ms (Holtermann et al., 2007), e em 100 e 200 ms (Barry et al., 2005). No entanto, houve três artigos que não encontraram nenhuma mudança na RFD: Lamont et al. (2010) a 30, 50, 80, 100, 150 e 250 ms; Marshall et al. (2011) a 30 e 50 ms; e Farup et al. (2014) a 30, 50, 100 e 200 ms. Esta discordância na melhoria da RFD nos intervalos de tempo iniciais poderia ser explicada por diferentes programas de treino. Enquanto nos estudos em que a RFD em intervalos de tempo iniciais mostraram melhorias, os programas de treino consistiram em treino com cargas pesadas, MVC, pliometria e balístico. Nos estudos em que não foram apresentadas melhorias, foram usadas cargas de hipertrofia. Em relação a este fato, Andersen et al. (2010) constataram que a diminuição na RFD nos intervalos de tempo iniciais pode ser explicada por uma diminuição paralela na área das fibras musculares de tipo IIx. Como um programa de treino com foco na hipertrofia geralmente leva a uma diminuição das fibras

musculares do tipo IIx, parece lógico a falta de melhorias nos intervalos de tempo iniciais da RFD. Este fato pode justificar a regressão dos resultados do programa de treino de força máxima sem instrução (Grupo 2), pois a execução lenta dos movimentos, conjugado com o fato de provavelmente os valores da repetição máxima estarem subestimados (dado à inexperiência dos sujeitos neste tipo de treino), possivelmente obtiveram ganhos hipertróficos.

Dois estudos avaliaram a média da RFD num período de tempo longo, que mostram melhorias nos valores da RFD entre 0-300ms (Holtermann et al., 2007) e 0-250 ms (Andersen et al., 2010).

Vários estudos em resposta a diferentes tipos de programas de treino de força apresentaram ganhos adaptativos na RFD, por exemplo, treino de força com cargas relativamente leves e altas velocidades de movimento (Cutsem et al., 1998; Häkkinen et al., 1985), treino de força a altas intensidades de 1-12 RM e movimento a velocidades relativamente lentas (Aagaard et al., 2002; Schmidtleicher & Buehrle, 1987) e treino com contrações musculares isométricas executadas com a intenção de um alto RFD (Behm & Sale, 1993). Estas adaptações induzidas pelo treino são evidentes também em indivíduos de meia-idade e idosos (Barry et al., 2005; Caserotti et al., 2008; Suetta et al., 2004). Em oposição, outros estudos relataram a RFD inalterada em resposta ao treino de força (Baker et al., 1994; Häkkinen et al., 1998; Sleivert et al., 1995; Wilson et al., 1993).

Tillin et al. (2011) e Tillin et al. (2012) verificaram que realizar contrações com esforço balístico induz alterações na melhoria da RFD, enquanto no programa de treino de força máxima não foram encontradas melhorias na RFD.

Os dados obtidos no presente estudo apresentam alguma controvérsia quando comparado com os estudos referidos, dado que o programa de treino de força balística não induziu melhorias significativas na RFD ao longo do estudo. No entanto, o programa de treino de força máxima com instrução apresenta melhorias significativas na EMG do Vasto Medial, na Força do teste isométrico aos 100ms e na fase tardia da RFD, nos intervalos de tempo entre os 100ms e os 250ms. Estes resultados contrariam os estudos de Tillin et al. (2011); Tillin et al. (2012); Wilson et al. (1993); Baker et al. (1994); Sleivert et al. (1995); Häkkinen et al. (1998).

De acordo com a literatura as diferentes fases das curvas de RFD podem ser modificadas de diversas formas através de variados protocolos de treino de força (Andersen et al., 2010; Blazeovich et al., 2008; Oliveira et al., 2013a). Andersen et al. (2010) constataram que apenas houve melhorias na fase tardia da RFD em resposta a 14 semanas de treino de força de alta intensidade. Por outro lado, Blazeovich et al. (2008) e Oliveira et al. (2013a) encontraram alterações na RFD, em resposta a um programa de treino de força máxima, pois verificaram uma melhoria na fase inicial da RFD, enquanto a fase tardia da RFD se manteve inalterada. O presente estudo vem contrariar estes resultados, visto que o programa de treino de força máxima apresentou melhorias significativas na fase tardia da RFD.

Muitos estudos têm relatado aumentos simultâneos na RFD e na magnitude da EMG, após programas de treino de força de longo prazo (Balso & Cafarelli, 2007; Barry et al., 2005; Connelly & Vandervoort, 2000; Cutsem et al., 1998; Gurjão et al., 2012; Häkkinen et al., 2003; Vila-Chã et al., 2010; Wallerstein et al., 2012). Gruber et al. (2007) sugerem que, com treino balístico, existe uma relação entre os aumentos na unidade neural e RFD. No entanto, alguns estudos não encontraram aumentos significativos na magnitude da atividade EMG, apesar de se observar melhorias significativas na RFD (Aagaard et al., 2002; Blazeovich et al., 2009; Blazeovich et al., 2008; Geertsen et al., 2008; Vangsgaard et al., 2014), e outros estudos relatam aumentos significativos na atividade de EMG sem aumentos na RFD (Häkkinen et al., 1985; Häkkinen et al., 1998). Além disso, é interessante referir que Correa et al. (2012) avaliaram tanto a variação na RFD como na magnitude do sinal de EMG com três tipos diferentes de treino físico (treino de pliometria, treino de força de velocidade elevada com cargas baixas e treino de força com velocidade baixa com cargas elevadas). Enquanto a atividade de EMG aumentou em todos os grupos, a RFD aumentou apenas no treino de pliometria e treino de força a velocidade elevada e cargas baixas. Estes resultados indicam que a magnitude da unidade neural, como representado pelo sinal de EMG, provavelmente não é o factor primário que determina o aumento na RFD que ocorre com o treino de força. Os dados encontrados neste estudo com o programa de treino de força máxima com instrução vem corroborar com os resultados obtidos por Cutsem et al. (1998); Connelly e Vandervoort (2000); Häkkinen et al. (2003);

Barry et al. (2005); Balso e Cafarelli (2007); Vila-Chã et al. (2010); Gurjão et al. (2012); Wallerstein et al. (2012), porque existiram melhorias significativas simultaneamente na RFD e na EMG do Vasto Medial.

Relativamente à utilização de testes isométricos para avaliar as alterações no desempenho dinâmico, no passado, foram considerados desadequados, devido às diferenças neurais e mecânicas entre ações musculares isométricas e dinâmicas (Abernethy et al., 1995; Murphy & Wilson, 1996; Wilson & Murphy, 1996).

Estes problemas foram abordados recentemente com avaliações isométricas multi-articulares, em tarefas de cadeia fechada, em ângulos articulares específicos para maximizar a força (Haff et al., 1997; Markovic et al., 2007; Nuzzo et al., 2008; Rønnestad, 2013). Contudo, é de ressaltar que os testes isoinerciais (1RM de agachamento e de *Power Clean*) e testes de terreno (*Sprint* de 10m, testes de agilidade, salto em comprimento, arremesso acima da cabeça) apresentam maior validade externa na sua capacidade de monitorizar alterações nos movimentos dinâmicos (Harris et al., 2000; Hartmann et al., 2012; Wilson & Murphy, 1996).

Para que um teste isométrico possa corresponder a um movimento dinâmico deve haver um elevado grau nas tarefas específicas relativamente à posição do corpo, os ângulos articulares e semelhança cinética (Kawamori et al., 2006; Murphy & Wilson, 1996).

Considerando esta ideia da especificidade, surgiram Investigadores que sugeriram evitar o teste isométrico para atletas (Wilson & Murphy, 1996).

Este fato explica a prestação do Grupo 1 (força balística), nos testes isométricos ao longo deste estudo, que apresentou uma regressão, enquanto o teste dinâmico revelou um resultado completamente oposto, i.e. uma tendência de melhoria na Força, bem como na RFD desde os 100ms até aos 250ms.

Com base nos resultados obtidos e no que foi discutido, podemos supor que o programa de treino de força máxima com instrução é mais eficaz, no que diz respeito à melhoria da RFD, do que os programas de treino de força balística e treino de força máxima sem instrução.

7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos através do presente estudo, que consistiu na implementação de 3 programas de treino de força diferentes com o intuito de averiguar as alterações na RFD, vêm contrariar as nossas expectativas:

O programa de treino desenvolvido pelo grupo 1, força balística, segundo a literatura, levava-nos a prever uma melhoria na fase inicial da RFD; quanto ao grupo 2, que foi sujeito ao programa de treino de força máxima sem instrução a nível de velocidade de execução, era expectável uma melhoria na fase mais tardia da RFD; e o grupo 3, submetido ao programa de treino de força máxima com instrução a nível de velocidade de execução rápida, uma melhoria na fase inicial e intermédia da RFD.

Contudo essas expectativas não se confirmaram. Na comparação entre grupos, foram encontradas diferenças significativas na fase tardia da RFD nos intervalos de tempo entre os 200ms e os 250ms, entre o grupo 1 (treino de força balística) e o grupo 3 (treino força máxima com instrução). Estes dados, levam-nos a concluir que o programa de treino de força máxima com instrução revelou ser mais eficaz do que o programa de treino de força balística no que diz respeito à melhoria da RFD nos intervalos de tempo da fase tardia.

O grupo 3, de um modo geral, apresenta melhorias em todos os parâmetros avaliados neste estudo ao contrário do grupo 2, embora se tratasse do mesmo tipo de treino em que a única diferença era a instrução motivacional do treinador de forma a aumentar a velocidade de execução. O tipo de instruções fornecidas ao atleta durante a execução dos exercícios é um fator importante, devido à sua capacidade de influenciar a RFD, uma vez que esta instrução motivacional irá modificar a intenção e atitude do atleta de forma a mover-se mais rápido. Assim, podemos concluir que a execução rápida dos movimentos, mesmo com cargas pesadas, é de grande importância para a melhoria da RFD.

Relativamente à EMG, o Grupo 3 apresenta uma tendência na melhoria do recrutamento das UM através da EMG dos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial, o que nos leva a concluir que um maior recrutamento das UM converge também com as melhorias na RFD.

A prestação do Grupo 1 (treino de força balística), nos testes isométricos ao longo deste estudo, apresentou uma regressão, enquanto no teste dinâmico surge com um resultado completamente oposto, com uma tendência de

melhoria na Força, assim como na RFD desde os 100ms até aos 250ms. Esta constatação permite-nos concluir que os testes isométricos são inadequados para a avaliação das ações dinâmicas, levantando a questão da especificidade do movimento.

8. SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS

Normalmente no treino atual para idosos, verifica-se um treino com movimentos de baixa velocidade e intensidade. Será importante estudar futuramente numa população idosa, a influência de um tipo de treino com uma maior velocidade de movimentos e também com uma instrução do monitor focada nessa mesma intenção de velocidade. Isto porque, para fazer frente a uma possível queda, terão de produzir força num curto período de tempo para conseguirem assim evitá-la.

Seria interessante e relevante aprofundar esta matéria, mas com uma amostra de atletas, por exemplo de atletismo, das diferentes disciplinas, nomeadamente velocidade, saltos, lançamentos e meio fundo, por envolverem diferentes especialidades e logo, diferentes formas de treino da força. Seria também interessante aplicar as mesmas diretrizes do presente estudo numa amostra de atletas de Crossfit, dado a abrangência de treino da força que aplicam no seu dia-a-dia, tanto com peso corporal, assim como com cargas externas, com diversos meios e métodos de treino. Com uma amostra deste tipo seria um estudo com grande probabilidade de sucesso dado os atletas se dedicarem mais ao treino, alimentação e descanso, logo terão adaptações mais acentuadas do que a amostra do presente estudo.

Mais estudos devem ser realizados para examinar os efeitos de diferentes tipos de treino de força em fases inicial e tardia da RFD, respetivamente, para melhorar o planeamento do treino ideal tanto em regimes desportivos assim como de reabilitação.

Relativamente à especificidade do movimento, será relevante, aprofundar o presente estudo apenas com testes dinâmicos.

9. BIBLIOGRAFIA

- Aagaard, P., & Andersen, J. (1998). Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(8), 1217-1222.
- Aagaard, P., Andersen, J. L., Bennekou, M., Larsson, B., Olesen, J. L., Crameri, R., Magnusson, S. P., & Kjaer, M. (2011). Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 21(6), 298-307.
- Aagaard, P., Andersen, J. L., Dyhre-Poulsen, P., Leffers, A. M., Wagner, A., Magnusson, S. P., Halkjaer-Kristensen, J., & Simonsen, E. B. (2001). A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. *The Journal of Physiology*, 534(pt. 2), 613-623.
- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1318-1326.
- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Trolle, M., Bangsbo, J., & Klausen, K. (1996). Specificity of training velocity and training load on gains in isokinetic knee joint strength. *Acta Physiologica Scandinavica*, 156(2), 123-129.
- Aagaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S. P., & Kjaer, M. (2010). Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(1), 49- 64.
- Aagaard, P., & Thorstensson, A. (2003). Neuromuscular aspects of exercise: Adaptive responses evoked by strength training. In M. Kjær, M. Krogsgaard, P. Magnusson, L. Engebretsen, H. Roos, T. Takala & S. L.-

- Y. Woo (Eds.), *Textbook of Sports Medicine: Basic Science and Clinical Aspects of Sports Injury and Physical Activity*. Londres: Blackwell.
- Abernethy, P., Wilson, G., & Logan, P. (1995). Strength and power assessment. Issues, controversies and challenges. *Sports Medicine*, 19(6), 401-417.
- Andersen, L., & Aagaard, P. (2006). Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *European Journal of Applied Physiology*, 96(1), 46-52.
- Andersen, L. L., Andersen, J. L., Zebis, M. K., & Aagaard, P. (2010). Early and late rate of force development: differential adaptive responses to resistance training? *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(1), 162-169.
- Badillo, J. G., & Ribas, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: INDE.
- Baker, D., Wilson, G., & Carlyon, B. (1994). Generality versus specificity: a comparison of dynamic and isometric measures of strength and speed-strength. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 68(4), 350-355.
- Balso, C. D., & Cafarelli, E. (2007). Adaptations in the activation of human skeletal muscle induced by short-term isometric resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 103(1), 402-411.
- Barry, B. K., Warman, G. E., & Carson, R. G. (2005). Age-related differences in rapid muscle activation after rate of force development training of the elbow flexors. *Experimental Brain Research*, 162(1), 122-132.
- Basmajian, J. V., & Luca, C. J. d. (1985). *Muscle alive: their function revealed by electromyography* (5 ed.). Baltimore: Williams & Wilkins.

- Beckham, G., Mizuguchi, S., Carter, C., Sato, K., Ramsey, M., Lamont, H., Hornsby, G., Haff, G., & Stone, M. (2013). Relationships of isometric mid-thigh pull variables to weightlifting performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 53(5), 573-581.
- Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of Applied Physiology*, 74(1), 359-368.
- Behrens, M., Mau-Moeller, A., & Bruhn, S. (2013). Effect of plyometric training on neural and mechanical properties of the knee extensor muscles. *International Journal of Sports Medicine*, 35(2), 101-119.
- Bemben, M. G., Clasey, J. L., & Massey, B. H. (1990). The effect of the rate of muscle contraction on the force-time curve parameters of male and female subjects. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 61(1), 96-99.
- Blazevich, A. J., Cannavan, D., Horne, S., Coleman, D. R., & Aagaard, P. (2009). Changes in muscle force-length properties affect the early rise of force in vivo. *Muscle Nerve*, 39(4), 512-520.
- Blazevich, A. J., Horne, S., Cannavan, D., Coleman, D. R., & Aagaard, P. (2008). Effect of contraction mode of slow-speed resistance training on the maximum rate of force development in the human quadriceps. *Muscle Nerve*, 38(3), 1133-1146.
- Bojsen-Møller, J., Magnusson, S. P., Rasmussen, L. R., Kjaer, M., & Aagaard, P. (2005). Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. *Journal of Applied Physiology*, 99(3), 986-994.
- Caserotti, P., Aagaard, P., Larsen, J. B., & Puggaard, L. (2008). Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: changes in rapid

- muscle force, strength and power. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(6), 773-782.
- Comfort, P., Allen, M., & Graham-Smith, P. (2011). Comparisons of peak ground reaction force and rate of force development during variations of the power clean. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(5), 1235-1239.
- Connelly, D. M., & Vandervoort, A. A. (2000). Effects of isokinetic strength training on concentric and eccentric torque development in the ankle dorsiflexors of older adults. *The Journals of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(10), B465-472.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1 - biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17-38.
- Correa, C., LaRoche, D. P., Cadore, E. L., Reischak-Oliveira, A., Bottaro, M., Krueel, L. F., Tartaruga, M. P., Radaelli, R., Wilhelm, E. N., Lacerda, F. C., Gaya, A. R., & Pinto, R. S. (2012). 3 Different types of strength training in older women. *International Journal of Sports Medicine*, 33(12), 962-969.
- Cronin, J., McNair, P. J., & Marshall, R. N. (2001). Developing explosive power: a comparison of technique and training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 4(1), 59-70.
- Cutsem, M. V., Duchateau, J., & Hainaut, K. (1998). Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *The Journal of Physiology*, 513(1), 295-305.
- Dapena, J., & Chung, C. S. (1988). Vertical and radial motions of the body during the take-off phase of high jumping. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 20(3), 290-302.

- Duchateau, J., & Baudry, S. (2014). Maximal discharge rate of motor units determines the maximal rate of force development during ballistic contractions in human. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(1), 234.
- Duchateau, J., & Hainaut, K. (1984). Isometric or dynamic training: differential effects on mechanical properties of a human muscle. *Journal of Applied Physiology*, 56(2), 296-301.
- Farthing, J. P., & Chilibeck, P. D. (2003). The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *European Journal of Applied Physiology*, 89(6), 578-586.
- Farup, J., Sørensen, H., & Kjølhede, T. (2014). Similar changes in muscle fiber phenotype with differentiated consequences for rate of force development: endurance versus resistance training. *Human Movement Science*, 34(1), 109-119.
- Fernandez-Del-Olmo, M., Río-Rodríguez, D., Iglesias-Soler, E., & Acero, R. M. (2014). Startle Auditory Stimuli Enhance the Performance of Fast Dynamic Contractions. *PLoS One*, 9(1).
- Garhammer, J. (1993). A Review of Power Output Studies of Olympic and Powerlifting: Methodology, Performance Prediction, and Evaluation Tests. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 7(2), 76-78.
- Geertsen, S. S., Lundbye-Jensen, J., & Nielsen, J. B. (2008). Increased central facilitation of antagonist reciprocal inhibition at the onset of dorsiflexion following explosive strength training. *Journal of Applied Physiology*, 105(3), 915-922.
- Gruber, M., & Gollhofer, A. (2004). Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *European Journal of Applied Physiology*, 92(1-2), 98-105.

- Gruber, M., Gruber, S. B., Taube, W., Schubert, M., Beck, S. C., & Gollhofer, A. (2007). Differential effects of ballistic versus sensorimotor training on rate of force development and neural activation in humans. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 274-282.
- Gurjão, A. L., Gobbi, L. T., Carneiro, N. H., Gonçalves, R., Moura, R. F. d., Cyrino, E. S., Altimari, L. R., & Gobbi, S. (2012). Effect of strength training on rate of force development in older women. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(2), 268-275.
- Haff, G. G., Carlock, J. M., Hartman, M. J., Kilgore, J. L., Kawamori, N., Jackson, J. R., Morris, R. T., Sands, W. A., & Stone, M. H. (2005). Force-time curve characteristics of dynamic and isometric muscle actions of elite women olympic weightlifters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 741-748.
- Haff, G. G., Stone, M. H., O'Bryant, H. S., Harman, E., Dinan, C., Johnson, R., & Han, K.-H. (1997). Force-Time Dependent Characteristics of Dynamic and Isometric Muscle Actions. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(4), 269-272.
- Häkkinen, K., Alén, M., & Komi, P. V. (1985). Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125(4), 573-585.
- Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W. J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., Mikkola, J., Häkkinen, A., Valkeinen, H., Kaarakainen, E., Romu, S., Erola, V., Ahtainen, J., & Paavolainen, L. (2003). Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1), 42-52.

- Häkkinen, K., & Komi, P. V. (1986). Training-induced changes in neuromuscular performance under voluntary and reflex conditions. *European Journal of Applied Physiology*, 55(2), 147-155.
- Häkkinen, K., Newton, R. U., Gordon, S. E., McCormick, M., Volek, J. S., Nindl, B. C., Gotshalk, L. A., Campbell, W. W., Evans, W. J., Häkkinen, A., Humphries, B. J., & Kraemer, W. J. (1998). Changes in muscle morphology, electromyographic activity, and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 53(6), B415-423.
- Harman, E. (1993). Strength and Power: A Definition of Terms. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 15(6), 18-21.
- Harris, G. R., Stone, M. H., O'Bryant, H. S., Proulx, C., & Johnson, R. L. (2000). Short-Term Performance Effects of High Power, High Force, or Combined Weight-Training Methods. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(1), 14-21.
- Hartmann, H., Bob, A., Wirth, K., & Schmidbleicher, D. (2009). Effects of different periodization models on rate of force development and power ability of the upper extremity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(7), 1921-1932.
- Hartmann, H., Wirth, K., Klusemann, M., Dalic, J., Matuschek, C., & Schmidbleicher, D. (2012). Influence of squatting depth on jumping performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3243-3261.
- Hermens, H., Freriks, B., Merletti, R., Stegeman, D., Blok, J., Rau, G., Disselhorst-Klug, C., & Hägg, G. (1999). *European Recommendations for Surface Electromyography – Results of the SENIAM project*. Enschede, Netherlands: Roessinh Research and Development.

- Higbie, E. J., Cureton, K. J., Warren, G. L., & Prior, B. M. (1996). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *Journal of Applied Physiology*, 81(5), 2173–2181.
- Holtermann, A., Roeleveld, K., Vereijken, B., & Ettema, G. (2007). The effect of rate of force development on maximal force production: acute and training-related aspects. *European Journal of Applied Physiology*, 99(6), 605-613.
- Juneja, H., Verma, S. K., & Khanna, G. L. (2010). Isometric Strength and Its Relationship to Dynamic Performance: A Systematic. *Journal of Exercise Science and Physiotherapy*, 6(2), 60-69.
- Kawamori, N., Rossi, S. J., Justice, B. D., Haff, E. E., Pistilli, E. E., O'Bryant, H. S., Stone, M. H., & Haff, G. G. (2006). Peak force and rate of force development during isometric and dynamic mid-thigh clean pulls performed at various intensities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(3), 483-491.
- Komi, P. V. (1986). The stretch-shortening cycle and human power output. In N. L. Jones, N. McCartney & A. J. McComas (Eds.), *H. Muscle Power*. Champaign: Human Kinetics.
- Kuitunen, S., Komi, P. V., & Kyröläinen, H. (2002). Knee and ankle joint stiffness in sprint running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(1), 166-173.
- Kurokawa, S., Fukunaga, T., Nagano, A., & Fukashiro, S. (2003). Interaction between fascicles and tendinous structures during counter movement jumping investigated in vivo. *Journal of Applied Physiology*, 95(6), 2306-2314.

- Lamont, H. S., Cramer, J. T., Bemben, D. A., Shehab, R. L., Anderson, M. A., & Bemben, M. G. (2010). Effects of adding whole body vibration to squat training on isometric force/time characteristics. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(1), 171-183.
- Leary, B. K., Statler, J., Hopkins, B., Fitzwater, R., Kesling, T., Lyon, J., Phillips, B., Bryner, R. W., Cormie, P., & Haff, G. G. (2012). The relationship between isometric force-time curve characteristics and club head speed in recreational golfers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(10), 2685-2697.
- Luca, C. J. D. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 13(2), 135-163.
- Luhtanen P, K. P. (1979). Mechanical power and segmental contribution to force impulses in long jump take-off. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 41(4), 267-274.
- Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D., & Metikos, D. (2007). Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 543-549.
- Markovic, G., Vuk, S., & Jaric, S. (2011). Effects of jump training with negative versus positive loading on jumping mechanics. *International Journal of Sports Medicine*, 32(5), 365-372.
- Marshall, P. W., McEwen, M., & Robbins, D. W. (2011). Strength and neuromuscular adaptation following one, four, and eight sets of high intensity resistance exercise in trained males. *European Journal of Applied Physiology*, 111(12), 3007-3016.
- McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R. U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of

- strength, power, and speed. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(1), 75-82.
- Merletti, R., Merlo, A., & Rainoldi, A. (2001). Electrode placement in dynamic surface EMG: the effect of the innervation zone in ESMAC&SIAMOC Joint Congress. *Gait & Posture*, 14(2), 120.
- Murphy, A. J., & Wilson, G. J. (1996). Poor correlations between isometric tests and dynamic performance: relationship to muscle activation. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 73(3-4), 353-357.
- Nuzzo, J. L., McBride, J. M., Cormie, P., & McCaulley, G. O. (2008). Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 699-707.
- Oliveira, F., Oliveira, A., Rizzato, G., & Denadai, B. (2013). Resistance Training for Explosive and Maximal Strength: Effects on Early and Late Rate of Force Development. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(3), 402-408.
- Oliveira, F., Rizzato, G. F., & Denadai, B. S. (2013). Are early and late rate of force development differently influenced by fast-velocity resistance training? *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 33(4), 282-287.
- Platonov, V. N. (2004). *Teoria geral do treinamento desportivo olímpico*. Porto Alegre: ArtMed.
- Raez, M., Hussain, M. S., & Mohd-Yasin, F. (2006). Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. *Biological Procedures Online*, 8(1), 11-35.

- Ricard, M. D., Ugrinowitsch, C., Parcell, A. C., Hilton, S., Rubley, M. D., Sawyer, R., & Poole, C. R. (2005). Effects of rate of force development on EMG amplitude and frequency. *International Journal of Sports Medicine*, 26(1), 66-70.
- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 43(8), 556-568.
- Rønnestad, B. R. (2013). Seasonal changes in leg strength and vertical jump ability in internationally competing ski jumpers. *European Journal of Applied Physiology*, 113(7), 1833-1838.
- Samozino, P., Morin, J. B., Hintzy, F., & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*, 41(14), 2940-2945.
- Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J. J., Pérez, C. E., & Pallarés, J. G. (2014). Velocity- and power-load relationships of the bench pull vs. bench press exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 35(3), 209-216.
- Schmidtbleicher, D., & Buehrle, M. (1987). Neuronal adaption and increase of cross-sectional area studying different strength training methods. In J. B (Ed.), *Biomechanics X-B*. Champaign: Human Kinetics.
- Sleivert, G. G., Backus, R. D., & Wenger, H. A. (1995). The influence of a strength-sprint training sequence on multi-joint power output. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27(12), 1655-1665.
- Spector, S. A., Gardiner, P. F., Zernicke, R. F., Roy, R. R., & Edgerton, V. R. (1980). Muscle architecture and force-velocity characteristics of cat

soleus and medial gastrocnemius: implications for motor control. *Journal of Neurophysiology*, 44(5), 951-960.

Stone, M. H. (1993). Explosive exercise and training. *National Strength Professionals Association*, 15(1), 7-15.

Stone, M. H., Sanborn, K., O'Bryant, H. S., Hartman, M., Stone, M. E., Proulx, C., Ward, B., & Hruby, J. (2003). Maximum strength-power-performance relationships in collegiate throwers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(4), 739-745.

Stone, M. H., Sands, W. A., Carlock, J., Callan, S., Dickie, D., Daigle, K., Cotton, J., Smith, S. L., & Hartman, M. (2004). The importance of isometric maximum strength and peak rate-of-force development in sprint cycling. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 878-884.

Suetta, C., Aagaard, P., Rosted, A., Jakobsen, A. K., Duus, B., Kjaer, M., & Magnusson, S. P. (2004). Training-induced changes in muscle CSA, muscle strength, EMG, and rate of force development in elderly subjects after long-term unilateral disuse. *Journal of Applied Physiology*, 97(5), 1954-1961.

Suzuki, H., Conwit, R. A., Stashuk, D., Santarsiero, L., & Metter, E. J. (2002). Relationships between surface-detected EMG signals and motor unit activation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(9), 1509-1517.

Tillin, N. A., Jimenez-Reyes, P., Pain, M. T., & Folland, J. P. (2010). Neuromuscular performance of explosive power athletes versus untrained individuals. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(4), 781-790.

Tillin, N. A., Pain, M. T., & Folland, J. P. (2011). Short-term unilateral resistance training affects the agonist-antagonist but not the force-agonist activation relationship. *Muscle Nerve*, 43(3), 375-384.

- Tillin, N. A., Pain, M. T., & JP, J. P. F. (2012). Short-term training for explosive strength causes neural and mechanical adaptations. *Experimental Physiology*, 97(5), 630-641.
- Vangsgaard, S., Taylor, J. L., Hansen, E. A., & Madeleine, P. (2014). Changes in H reflex and neuromechanical properties of the trapezius muscle after 5 weeks of eccentric training: a randomized controlled trial. *Journal of Applied Physiology*, 116(12), 1623-1631.
- Vila-Chã, C., Falla, D., & Farina, D. (2010). Motor unit behavior during submaximal contractions following six weeks of either endurance or strength training. *Journal of Applied Physiology*, 109(5), 1455-1466.
- Wallerstein, L. F., Tricoli, V., Barroso, R., Rodacki, A. L. F., Russo, L., Aihara, A. Y., Fernandes, A. d. R. C., Mello, M. T. d., & Ugrinowitsch, C. (2012). Effects of strength and power training on neuromuscular variables in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 20(2), 171-185.
- Widrick, J. J., Stelzer, J. E., Shoepe, T. C., & Garner, D. P. (2002). Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 283(2), R408-416.
- Wilhelm, E. N., Radaelli, R., Gonçalves, B., Botton, C. E., Barbosa, R., Bottaro, M., Brown, L. E., & Pinto, R. S. (2013). Single-joint isometric rate of torque development is not related to counter-movement jump performance in soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 21(3), 181-186.
- Wilson, G. J., & Murphy, A. J. (1996). The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. *Sports Medicine*, 22(1), 19-37.
- Wilson, G. J., Newton, R. U., Murphy, A. J., & Humphries, B. J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic

performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25(11), 1279-1286.

Zatsiorsky, V., & Kraemer, W. (2006). *Science and Practice of Strength Training* (2^a ed.): Human Kinetics. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 15(6), 18-21.